

Tuomas Vaalisto

Koelaitteiden ennakoivan kunnossapidon
kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinööriytyö

31.1.2017

Tekijä Otsikko	Tuomas Vaalisto Koelaitteiden ennakoivan kunnossapidon kehittäminen
Sivumäärä Aika	65 sivua + 0 liitettä 31.1.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Ryhmäpäällikkö Simo Rautio Kunnossapitoinsinööri Juha-Pekka Rantanen Lehtori Timo Seuranen
<p>Opinnäytetyö tehtiin Neste Oyj:n Teknologiakeskuksen tutkimuksen ja kehityksen kunnossapidolle Porvoon Kilpilahdessa. Työ nähtiin ajankohtaisena ja tarpeellisena kesäharjoittelujakson jatkumona. Koelaitteiden ennakoivan kunnossapidon kehittämisen kohteiksi päätettiin kolme kokonaisuutta.</p> <p>Ensimmäinen ja isoin työn kohde oli 19 eri koeajolaitteiston prosessihäiriöiden tutkiminen. Prosessihäiriöitä tutkittiin laitteistojen ajopäiväkirjojen perusteella ja tietoja vahvistettiin vielä koeajajilta. Aikaan saatiin kuvaus koelaitteen luonteesta ja yleisimmistä prosessihäiriöistä, lista vaihdetuimmista varaosista ja suuntaa-antava tieto laitteen käyttöasteesta. Näitä tietoja kunnossapito voi hyödyntää laitekohtaisesti varaosakannan ylläpitämisessä. Koelaittekohtaisia yleisimpien prosessihäiriöiden kuvauksia voi myös käyttää apuna uusien työntekijöiden perehtyessä koelaitteisiin.</p> <p>Toisena työn kehityskohteena oli Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio - työtilan kehittäminen. Työtilaan tehtiin koelaittekansion tekoa varten ohje. Kansioihin vietiin koelaitteiden prosessihäiriöitä tutkittaessa syntyneet Excelit huoltohistoriasta ja häiriötapahtumista. Huoltohistorialokia voidaan jatkaa kirjaamalla sinne huoltotapahtumat ja näin saadaan talteen arvokasta dataa.</p> <p>Kolmantena työn kohteena oli kehittää koelaitteiden huoltoja suorittavan verstaan työympäristöä tehokkaammaksi. Tämän toteuttamisessa käytettiin apuna 5S-laaturjestelmää. Verstaalle suunniteltiin ja toteutettiin tehokas työpiste ja selkeä varaosakaappi. Tuloksena oli selkeämpi työympäristö niin, että jatkossa aikaa jää enemmän työntekoon ja aikaa kuluu vähemmän töiden esivalisteluihin.</p>	
Avainsanat	ennakoiva kunnossapito, kunnossapito, prosessihäiriö, dokumentointi, 5S-laaturjestelmä

Author Title	Tuomas Vaalisto Development of the test devices' preventive maintenance
Number of Pages Date	65 pages + 0 appendices 31 January 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Simo Rautio, Team Leader Juha-Pekka Rantanen, Maintenance Engineer Timo Seuranen, Senior Lecturer
<p>The thesis was done for the development and research department of Neste Oyj Technology Centre, located in Kilpilahti, Porvoo. It was considered a topical and useful work and also a natural continuum for the summer traineeship. Three main issues were selected as the targets of the development of the test devices' preventive maintenance.</p> <p>The first and main target was to research the process errors of 19 different test devices. The errors were studied based on test drive and operation logs, and the gathered information was confirmed from the test drivers as well. A list was eventually constructed, including the information on the nature of the device and its most common process errors, a list of most replaced spare parts and directive information about the machine's utilization. The maintenance can benefit from this information when preserving the spare part storage. Descriptions of the most common process errors of each test drive machine can be used as training material for new employees.</p> <p>The second target of the development process was to update and improve the workspace called Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio (Process technology department's test device file). A guide to create a test device file was included in this workspace, as well as the Excel charts that hold the information of maintenance history and errors that occurred when studying the devices' process errors and maintenance history. To continue gathering valuable data, employees that are working with these devices can record all the maintenances in these charts.</p> <p>The third target of this work was to improve the working environment of the particular workshop that takes care of maintenance and to be more efficient. An efficient working space and a practical spare part cabinet was planned and constructed with the help of 5S methodology. As a result, a clearer working area was built so that in future less time will be spent on preparing, and more time executing the work.</p>	
Keywords	preventive maintenance, maintenance, process error, documentation, 5S methodology

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Nesteen esittely	1
1.2	Oma taustani Nesteellä	1
1.3	Työn tausta	1
1.4	Kunnossapito Koehallilla	2
2	Teoria	3
2.1	Kunnossapito	3
2.1.1	Korjaava kunnossapito	3
2.1.2	Ennakoiva kunnossapito	4
2.2	Kunnossapitostrategiat	4
2.2.1	TPM	4
2.2.2	RCM	5
2.2.3	5S-laaturjestelmä	5
2.3	Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio	6
3	Koelaitteiden prosessihäiriöt	8
3.1	Koeajolaite	8
3.1.1	Koelaitte 1	9
3.1.2	Koelaitte 2	12
3.1.3	Koelaitte 3	15
3.1.4	Koelaitte 4	19
3.1.5	Koelaitte 5	20
3.1.6	Koelaitte 6	24
3.1.7	Koelaitte 7	26
3.1.8	Koelaitte 8	28
3.1.9	Koelaitte 9	31
3.1.10	Koelaitte 10	33
3.1.11	Koelaitte 11	34
3.1.12	Koelaitte 12	36
3.1.13	Koelaitte 13	38
3.1.14	Koelaitte 14	40
3.1.15	Koelaitte 15	41
3.1.16	Koelaitte 16	44

3.1.17 Koelaitte 17	47
3.1.18 Koelaitte 18	47
3.1.19 Koelaitte 19	49
3.2 Kehitysideat	52
4 Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio -työtilan kehittäminen	53
5 Koehallin korjaamon kehittäminen ja hienosäätö hyödyntäen 5S-laatuja järjestelmää	54
5.1 Koehallin korjaamo lähtötilanteessa	54
5.2 Tavoite	58
5.3 Korjaamalla tehdyt muutokset 5S-laatuja järjestelmän mukaisesti	58
5.3.1 Sortteeraus	58
5.3.2 Systematisointi	58
5.3.3 Siivous ja standardisointi	61
5.3.4 Seuranta	62
6 Yhteenveto	62
6.1 Tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen	62
6.2 Mitä opinnäytetyöstä opin?	63
6.3 Työn pohjalta syntyneet kehitysideat	63
Lähteet	65
Liitteet	

Lyhenteet ja käsitteet

T & K	Tutkimus ja kehitys.
Pilotointi	Kokeiluvaihe ennen suurempaa toimintaa.
Teknologiakeskus	Porvoossa sijaitsevan Nesteen jalostamon tutkimuksen ja kehityksen alueen nimi.
Koehalli	Nesteen Teknologiakeskuksessa sijaitseva rakennus, jossa on suurin osa tässä insinööriyössä läpikäytävistä koelaitteista.
Huoltoseisakki	Prosessi on alhaalla eli koeajoa ei ole käynnissä ja huoltotoimenpiteitä voidaan tehdä.
Prosessihäiriö	Prosessin normaalista ja suunnitellusta toiminnasta poikkeava tapahtuma.
Koelaitteisto	Voi olla mm. nimellä koeajolaitteisto, koelaitte, koeajolaitte. Kyseisiä laitteita tutkitaan yksitellen luvussa 3. Tarkoitetaan laitekokonaisuutta, johon pääpiirteittäin kuuluu syöttösäiliö, reaktori ja tuotesäiliö. Niillä tutkitaan mm. reaktioita, syöttöjä ja katalyyttejä.
Koeajo	Ajo suoritetaan koelaitteella. Kokeessa voidaan tutkia mm. syöttöä, reaktiota tai katalyyttiä.
Pumpun ilmaus	Pumpattavan aineen sekaan on päässyt ilmaa ja se täytyy saada sieltä pois ilmaamalla, jotta pumppu toimisi kunnolla.

1 Johdanto

1.1 Nesteen esittely

Neste Oyj on suomalainen öljynjalostus- ja markkinointiyhtiö, joka listautui Helsingin pörssiin vuonna 2005. Neste perustettiin Suomen öljynhuollon turvaamiseksi vuonna 1948. Aiemmin yhtiö on toiminut nimillä Neste Oil Oyj, Fortum Oil ja Gas Oy. Nykyään Nesteellä on tuotantoa viidessä ja toimintaa 14 eri maassa. (Neste 2016.)

Nesteellä on tavoitteena öljynjalostuksessa olla edelläkävijä ja tiennäyttävä. Yhtiö haluaa tarjota puhtaampia polttoaineratkaisuja ja panostaa uusiutuvista raaka-aineista kehitettäviin ratkaisuihin. Neste on nimennyt konkreettiseksi tavoitteekseen olla Itämeren alueen johtava toimija ja haluaa globaalia kasvua uusiutuvissa tuotteissa. Tällä hetkellä yhtiö tuottaa kaikkia tärkeimpiä öljytuotteita ja onkin uusiutuvan dieselin toimittajana maailman johtavin yritys. (Neste 2016.)

1.2 Oma taustani Nesteellä

Insinööriyöntekijä on ollut neljänä kesänä työharjoittelussa Nesteellä. Ensimmäinen työpaikka oli keskuskorjaamon työkaluvarasto. Kaksi seuraavaa kesää insinööriyöntekijä työskentelin Tuotantolinja 2:lla laitostmiehenä. Neljäs kesä yrityksessä on ollut merkittävin työskennellessä Nesteen Teknologiakeskuksen Koehallissa. Siellä insinööriyöntekijä toimi kunnossapitoinsinöörinä ja pääsi tutustumaan Nesteen tutkimuksen ja tuotekehityksen työympäristöön. Idea insinööriyöstä syntyi juuri täällä saatujen vinkkien ja tehtyjen havaintojen perusteella.

1.3 Työn tausta

Työtehtäviin Koehallilla kunnossapitoinsinöörinä kuuluivat muun muassa yksittäisten laitteiden esimerkiksi pumppujen laitetietojen sekä huolto-ohjeiden selvittäminen ja ylipäätään dokumentoinnin kehittäminen. Koelaitteille löytyy laitekansiot Nesteen omasta Portaalista työtilanimellä "Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio" ja pilotoinnille työtilanimellä "Pilot-alueen laitekansiot". Laitekansiot ovat

olleet melko vähäisessä käytössä. T & K:n projektit toteutetaan melko tiukoilla aikatauluilla, eikä sähköisten laitekansioiden päivittämiselle jää paljoa ylimääräistä aikaa. Kun koelaitteistolle hankitaan vaikka uusi pumppu, niin sen dokumentit laitetaan paperisena versiona hyllyyn. Dokumentteja tarvittaessa paperisien kansioiden etsimiseen voi vierähtää tovi aikaa. Tästä syntyikin idea kehittää sähköisen järjestelmän laitekansioita osana opinnäytetyötä.

Opinnäytetyön aihetta pohtiessa tuli myös ilmi, että ennakoivaa kunnossapitoa koelaitteiden osalta tulisi kehittää. Tähän aiheeseen perehdyttiin käymällä läpi operaattoreiden laitekohtaisia ajopäiväkirjoja. Niistä ilmenee koelaitteiden ajojen eri vaiheita sekä sen aikana tapahtuneet poikkeamat normaalista koeajosta. Niitä tutkimalla selvitettiin, minkälainen prosessihäiriö tuotti useimmiten ongelmia laitteen ajon aikana, täytyikö koeajo keskeyttää häiriön takia ja minkälaisia varaosia koelaitteeseen täytyi vaihtaa. Tavoitteena oli kehittää parempi valmius prosessihäiriöiden hoitamiseen ajopäiväkirjojen tutkimisen pohjalta. Tästä opinnäytetyön osiosta kehittyi laajin kokonaisuus insinööriyössä ja laitedokumentoinnin kehittäminen jäi huomattavasti vähäisemmäksi.

Koehallilla nähtiin myös tarpeellisenä kehittää korjaamon ympäristöä. Korjaamalla urakoitsijat tekevät koelaitteiden huoltotöitä. Urakoitsijalla on mukanaan omat työkalut työpakissaan. Korjaamolta löytyi myös työkaluja kaapeista ja laatikoista, joista niitä oli hyvin vaikeaa etsiä. Vaikutti siltä, että korjaamolta puuttui selkeä työpiste. Päätettiin toteuttaa tehokas työpiste huomioiden kaikki tarpeet. Työpisteen yhteyteen luotiin myös varaosakaappi uudella selkeämmällä järjestyksellä. Kehitystyö tehtiin niin, että työpistettä ja varaosakaapin järjestystä on mahdollisimman vaivatonta pitää yllä. Tässä tehtävässä käytettiin hyväksi 5S-laatuja järjestelmää.

1.4 Kunnossapito Koehallilla

Osalla koehallien koelaitteistojen laitteista on määräaikaista huoltoja ja tarkastuksia. Koeajon aikana häiriötilanteen syntyessä operaattori yrittää ensimmäiseksi itse selvittää ja korjata prosessihäiriön. Joissain tapauksissa operaattori selviää tilanteesta ilman suurempia toimenpiteitä. Monesti tilanteeseen tarvitaan apuun instrumenttiasentaja, sähköasentaja tai muu asentaja tilanteesta riippuen. Koehallin kunnossapito on siis pääosin korjaavaa kunnossapitoa. Koelaitteita ajetaan, niin kauan

kuin tarvitsee ajaa tai kunnes isompi prosessihäiriö ilmenee. Laitteiden vikaantumisiin ja rikkoutumisiin on varauduttu varalaitteilla ja varaosilla.

Ennakoivana kunnossapitona koelaitteita tiiveystestataan ylösajojen yhteydessä. Tällä halutaan ennaltaehkäistä vuototilanteiden syntyminen ajon aikana. Huoltoseisokin yhteydessä koelaitteeseen vaihdetaan uusia tiivisteitä ja suodattimia. Näin voidaan ennakoivasti pyrkiä minimoimaan prosessihäiriöiden määrää ajojen aikana.

Häiriötilanteissa ei yleensä tehdä erillistä kirjallista raporttia. Tapahtumasta voi jäädä merkintä operaattorin ajopäiväkirjaan. Isommissa vikatapahtumissa työ- tai varaosatilauksia tutkimalla voi saada selville vikahistorian tapahtumia.

2 Teoria

2.1 Kunnossapito

Kunnossapito on teollisuudessa toiminnan toimivuuden kannalta erittäin tärkeässä roolissa. Se on hyvin näkymätöntä, mutta on erittäin iso osa toiminnan kustannuksista. Kunnossapidon pääperiaate on pitää haluttu prosessi toiminnassa ja ehkäistä sen keskeytyminen. Tänä päivänä ei enää riitä, että prosessi pyörii ja sen prosessihäiriöitä korjataan niiden ilmetessä. Nykyään kiinnitetään paljon huomiota myös tehokkaaseen käyttöasteeseen eli teollisuuden laitosten tulisi pyöriä yhä tiheämmässä tahdissa. Aikaa pidetään kalliina ja jos tuotantoon syntyy paljon viivästystä korjaavan kunnossapidon takia, niin se tulee kalliiksi. On siis syytä panostaa myös ennakoivaan kunnossapitoon ja tuntea laitoksen vikaantuminen ja osata ennakoimalla hallita sitä kustannustehokkaasti. (Kunnonvalvonta ja huolto 2000, 1–3.)

2.1.1 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito korjaa rikkoutuneen laitteen vian ja monesti jatkuvatoiminen prosessi on korjauksen ajan alhaalla riippuen laitteen kriittisyydestä prosessin toiminnalle. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluukin siis kaksi alalajia: välittömästi kunnostettavat ja siirretty kunnossapito. Välittömästi kunnostettava laite on ajanut prosessin alas ja tämän takia täytyy korjata heti, jotta prosessi saadaan taas käyntiin.

Siirrettyssä kunnossapidossa laitteen häiriö ei aja prosessia alas vaan prosessi voidaan ajaa loppuun asti ja vika korjata vasta sitten tai se saadaan korjattua keskeyttämättä prosessia. (Järviö ym. 2012, 53.)

2.1.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoiva kunnossapito tähtää ehkäisemään laitteiden viat ennen niiden syntymistä. Sen avulla halutaan parantaa toiminnan ylläpitoa ilman katkoksia ja tätä kautta päästä tuottavampaan ja tehokkaampaan lopputukokseen. Ennakoivaan kunnossapitoon voi kuulua laitteiden toimintahäiriöiden seuraaminen sekä häiriöiden syiden selvittäminen ja edelleen prosessin jatkuvatoimisuuden parantaminen. Ennakoivan kunnossapidon alakategorioihin kuuluu siis ehkäisevä kunnossapito eli säännölliset huollot, jonka avulla parannetaan laitteiden käyttöastetta. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluu käsitteenä myös mittaava kunnossapito, joka voi olla laitteen lämpötilan nousun seuraamista tai muuta toimintahäiriöiden seuraamista ja analysoimista. (Kumpulainen 2013, 17–19.)

2.2 Kunnossapitostrategiat

Teollisuudessa kunnossapito merkitys yrityksen toimintaan on isossa roolissa. Sen oikein suunnitteleminen on tärkeää, ja sitä varten on luotu erilaisia kunnossapitostrategioita. Kunnossapidon menetelmää pohtiessa on huomioitava tähdätäänkö esimerkiksi mahdollisimman suureen tuottavuuteen, luotettavuuteen tai toimintaympäristön toimivuuteen. Tietenkin näitä kaikkia asioita tarvitaan jokaisen yrityksen kunnossapidossa ja niitä tarkastellessa voidaan miettiä, mikä on omalle toiminnalle tärkeintä. Yrityksen kunnossapitoon muokataan sopivin ohjelma, ja mikään kunnossapito-ohjelma tuskin on identtinen toisen kanssa. (Järviö ym. 2007, 85–94.)

2.2.1 TPM

TPM on lyhenne sanoista Total Productive Maintenance. Sen voisi kääntää suomeksi kokonaisvaltaisesti tuottava kunnossapito. Tämän kunnossapitostrategian on kehittänyt japanilainen Seiichi Nakajiman 1970-luvulla. TPM:n periaatteet tavoittelevat ylläpitämään luotettavaa käyttövarmuutta, vähentämään huoltotarpeita ja kasvattamaan kokonaistehokkuutta. Tämän kunnossapidon strategia valitaan kun

halutaan tavoitella mahdollisimman suurta tuottavuutta. Tärkeään rooliin nousevat yritystoiminnan kustannuslaskelmat, jonka avulla optimoidaan tarvittavan henkilöstön määrä, materiaalien ja varaosien hallinta ynnä muut resurssit. Yrityksen kunnossapito seuraa tarkasti koneiden kuntoa ja tekee vaadittavat huollot tähdäten siihen, ettei tuotantoprosessi keskeydy. TPM:ssä noudatetaan myös siisteyttä ja selkeyttä sekä laitteiden vaatimat kustannukset pyritään saamaan mahdollisimman alhaisiksi. TPM:n menettelytavat eivät sovi samanlaisina kaikkialle vaan ne räätälöidään kunnossapidettävälle kohteelle sopiviksi. (Järviö ym. 2007, 111.)

2.2.2 RCM

RCM on lyhenne sanoista Reability Centered Maintenance. Sen voisi kääntää suomeksi luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Se on kunnossapitostrategiana yksi vanhimmista ja on peräisin 1950-luvulta. RCM:n periaatteet teollisuuden pariin toi englantilainen John Moubay. Alun perin tämä kunnossapitostrategia kehitettiin lentokoneiden huoltamista varten. Lentokoneita käytettäessä ei ole varaa kaluston pettämiseen. Menetelmä keskittyy vikojen perinpohjaiseen selvittämiseen ja ehkäisemiseen. Kriittisten laitteiden ja osien tuntemus on keskipisteenä. Työntekijöiden tulee olla hyvin perehtyneitä, ammattitaitoisia ja noudattaa järjestelmän ohjeita sekä pystyä kehittämään niitä luotettavuuden parantamiseksi. RCM ei siis pyri kustannusten säästämiseen vaan, että haluttu toiminta toimii mahdollisimman luotettavasti. Tämä menetelmä sopii hyvin tehtäviin, joissa epäonnistuminen toisi huomattavan suuret kustannukset. (Järviö ym. 2007, 124–126.)

2.2.3 5S-laaturjestelmä

5S-laaturjestelmä on japanilaisen yritysjiäti Toyotan kehittämä järjestelmä, joka auttaa yrityksiä kehittymään tuottavammaksi, tehokkaammaksi ja tasalaatuisemmaksi. Lähtökohtaisesti myös 5S-laaturjestelmä edesauttaa työturvallisuuden ja työhyvinvoinnin paranemisessa. 5S-järjestelmän jatkuva ylläpito vaatii yrityksen työntekijöiltä sitoutumisen, jotta tavoite on saavutettavissa ja laaturjestelmän käyttö on yhtäjaksoista sekä jatkuvaa. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 4–7.)

5S-laaturjestelmä koostuu viidestä eri toimintakohdasta. Alun perin japaninkielen sanat seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke voidaan kääntää seuraavanlaisiksi vaiheiksi:

- **Sortteeraus (seiri):** Ensimmäisessä työvaiheessa tunnistetaan ja erotellaan kaikki ne välineet, jotka ovat ylimääräisiä, tarpeettomia tai vioittuneita. Tässä toimintavaiheessa työympäristöön vapautuu työskentelytilaa, kun ylimääräiset välineet on saatu pois, sekä samalla selkeytyy se, mitkä välineet ovat välttämättömiä ja tarpeellisia kyseisen työn toteuttamiseen. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 8-9; Ahjo 2014, 12–15.)
- **Systematisointi (seiton):** tämä vaihe on selkeää jatkumoa edeltävälle vaiheelle, sillä tässä pyritään löytämään välineistölle omat pysyvät paikkansa, mistä ne ovat myöhemmin esimerkiksi helpompi löytää, ja samanlaiset työkalut ja tarvikkeet ovat lajiteltuna työn helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 10; Ahjo 2014, 12–15.)
- **Siivous (seiso):** Systematisointi ja siivous ovat toimenpiteinä samankaltaisia keskenään, mutta siivouksella tarkoitetaan tarkoituksenmukaista, säännöllistä työpisteen ja tilojen siivoamista, sekä käytännön asioita mitkä vakiintuvat työpisteisiin. Myös laitteiden ylläpito ja sen suunnitelma kuuluvat tähän osioon. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 10; Ahjo 2014, 12–15.)
- **Standardisointi (seiketsu):** tässä työvaiheessa vakiinnutetaan aikataulut, työtavat ja metodit, sekä varmistetaan että työyksikön sisällä työntekijät toimivat samoin sovituin tavoin. Samalla myös nimitetään vastuuhenkilöt, laaditaan esimerkiksi kirjalliset suunnitelmat ja päätetään tehtäväjaot. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 10; Ahjo 2014, 12–15.)
- **Seuranta (shitsuke):** Kuukausittaiset henkilöstöpalaverit ovat helpoin tapaa seurata, kuinka työturvallisuus, -hyvinvointi sekä työympäristö käytännössä toimivat. Myös asiakaspalautteet ovat melko suora tulos siitä, onko työ esimerkiksi tasalaatuista ja millaiseksi asiakastyytyväisyys kehitty. (Metalliteollisuuden keskusliitto 2001, 10; Ahjo 2014, 12–15.)

2.3 Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio

Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio on työtila, joka löytyy Nestein sisäisestä portaalista. Työtilassa on kaikille Prosessiteknologia-osaston koelaitteille oma laitekansio. Nesteellä on yleisohje OQD-9305, joka määrittää portaalissa olevien laitekansioiden sisällön, käytön ja arkistoinnin. Ohjetta sovelletaan pysyviksi tarkoitettujen koelaitteistojen laitekansioiden tekoon ja ylläpitoon. Koelaitteen laitekansioon kootaan kaikki koeajajaa palveleva materiaali. Laitekansiot sisältävät

myös laitteiston raja-arvojen määrytykset sekä laitteiston ajo-, muutos- ja huoltohistorian. Yksittäisen laitekansion ylläpidosta vastaa kulloinkin koelaitetta ajava koeajaja tai erikseen laitteelle nimetty vastuuhenkilö. (Rautio 2013, 2.)

Yleisohjeen OQD-9305 mukaan laitekansion sisältönä on

- prosessiturvallisuus
 - laitteiston suunnittelun aikana tehdyt riskinarvioinnit
 - toteutuksen ja käytönaikaiset turvallisuustarkastusdokumentit
- prosessikuvaus ja PI-kaaviot
- laite ja instrumenttitiedot
 - laitteiston yleiset teknilliset tiedot ja mittapiirustukset
- käyttöohjeet
 - tiivistelmä keskeisimmistä turvallisuusriskeistä
 - laitevalmistajan laatimat käyttöohjeet
 - ylös- ja alasajo-ohjeet
 - hätäalajasajo-ohje
- huollot
 - laitteiston huoltoihin liittyvät manuaalit
 - ennakkohuoltosuunnitelma ja huoltoloki, josta selviää eri komponenttien huoltoväli sekä toimenpiteet
 - dokumentit suunnitelluista ja tehdyistä huoltotoimenpiteistä
- muutoksenhallinta
 - laitteistoon halutuista muutoksista tehdyt kirjalliset kuvaukset ja vähintään PI-kaavioiden punakynäversiot
- hankintadokumentit
- projektit (Rautio 2013, 3–4.)

3 Koelaitteiden prosessihäiriöt

Koelaitteiden prosessihäiriöissä tarkastellaan Nesteen Teknologiakeskuksessa olevia koelaitteita 1–19. Prosessihäiriöitä tutkittiin pääosin laitteen ajopäiväkirjojen kautta ja tarkennuksia tapahtumiin pyydettiin laitteiden koeajoja ja huoltoa hoitaneilta henkilöiltä. Tarkasteluväliksi valittiin viimeksi kuluneet 2–3 vuotta. Tämä ajanjakso antaa riittävästi tuoretta dataa laitteiden ongelmista viimeisimmissä koeajoissa.

Prosessihäiriöt koottiin laitekohtaisesti Excel-taulukoon. Ensimmäisellä taulukon sivulla listattiin aikajanamaisesti laitteen normaalista ajosta poikkeava toiminta tai tapahtuma, joka tuotti jatkuvaa työtä osakseen. Jokaisella taulukon sivulla on omalle riville laitettu tapahtuman päivämäärä, laitteen nimi, häiriö/tapahtuma, häiriön syy (jos selvinnyt), toimenpide/tapahtuman kuvaus, koeajon nimi, tapahtumaan kulunut aika vuorokausina, merkintä jos vaatinut osan vaihtoa sekä merkintä jos prosessihäiriön takia seurannut alasajo. Kirjattaviksi tapahtumiksi luokiteltiin mm. osan tai laitteen hajoaminen, linjan tukkeutuminen, pumpun vaatiessa ilmausta tai öljyn lisäystä ja suodattimen vaihto. Taulukon toiselle sivulle koottiin kaikki suunnittelemattomat alasajot, joita voitiin käyttää analysoimisessa. Kolmannelle taulukon sivulle koottiin laitteeseen vaihdetut osat. Tällä tiedolla voidaan varautua varaosien suhteen jatkoa ajatellen. Vaihdetuista varaosista tehtiin taulukko, johon ne lajiteltiin esille helposti nähtäväksi. Vaihdetujen osien määrää ja tyyppejä käytettiin laitteen analysoimiseen. Omana asianaan kiinnostivat pumppujen toimintahäiriöt. Taulukoon tehtiin pumppuille oma neljäs sivu, jonne koottiin kaikki pumppujen toimintahäiriöt. Sinne tehtiin oma taulukko keskimääräisestä häiriötiheydestä pumppujen kohdalla. Myös pumppujen ilmaamisen tiheys merkittiin ja joissain tapauksissa öljyjen lisäämisen tiheys, jos se nousi merkittävän yleiseksi tapahtumaksi. Näitä tietoja käytettiin laitekokonaisuuden analysoimiseen.

3.1 Koeajolaite

Seuraavissa 19 alaluvussa käsitellään koeajolaitteiden häiriötapahtumia. Koeajolaitteet sijaitsevat Nesteen Teknologiakeskuksessa tutkimuksen ja kehityksen osastolla. Kaikki tarkasteltavat koeajolaitteen ovat perusrakenteiltaan ja periaatteiltaan samanlaisia. Yksinkertaistettuna ne koostuvat syöttösäiliöistä, jonne tutkittava lähtöaine laitetaan. Syöttösäiliöistä aineet siirtyvät laitteen reaktoriosuuteen, jossa katalyytin avustamana

prosessin reaktio tapahtuu. Tämän jälkeen reaktiotuote siirtyy tuotesäiliöihin, josta tuote saadaan talteen jatkotutkimuksia ja analyysyjä varten.

Koeajolaitteiden koot vaihtelevat. Mitä suurempaan mittakaavaan mennään, sitä monimutkaisemmiksi laitekokonaisuudet menevät ja sitä enemmän niissä on mukana muita prosessiin liittyviä laitteita. Tutkimus ja kehitys yksikkö käyttää tutkimus- ja kehityshankkeiden toteutukseen monen tyyppisiä ja kokoisia koelaitteita mm. erilaisten ilmiöiden ja reaktioiden tutkimiseen ja todentamiseen sekä prosessien testaukseen.

3.1.1 Koelaitte 1

Koeajot eivät ole sujuneet mutkitta. Keskimäärin prosessihäiriöitä tapahtui kolmen vuorokauden välein (taulukko 1). Reaktoreihin muodostui paljon epätasaisia lämpötilajakaumia. Reaktoreiden lohkolämmittimissä esiintyi usein vikoja, joka vain pahensi reaktorin lämpötilaprofiilia. Tästä aiheutui välillä tukkeutumisia reaktoreiden sisällä. Epätasaista lämpötilajakaumaa pyrittiin korjaamaan ajamalla syöttöä pumpulla edestakaisin ikään kuin sekoittaakseen lämpötilaerot tasaisiksi ja monesti se auttoi. Reaktorin tukkeutuessa jouduttiin koeajo keskeyttämään ja puhdistamaan laitteistoa.

Taulukko 1. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	3	1019	486
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	161		

Pumpuilla oli jatkuvasti ongelmia syötön pumppaamisen kanssa. Pumput eivät tuottaneet riittävästi painetta siirtääkseen syöttöä eteenpäin laitteistossa. Tämän aiheutti yleensä se, että pumppuun oli kertynyt ilmaa, jolloin pumppu ikään kuin jauhoi tyhjää paikallaan, ja pumppaamista saattoi estää laitteistoon syntynyt tukkeuma. Tilannetta korjattiin jatkuvasti ilmaamalla pumppua ja säätölemällä sen iskunpituutta. Nämä toimenpiteet usein auttoivat, mutta vain hetkeksi. Pumput joutuivat koville ja vaativat usein huoltoa. Pumpuilla ilmeni häiriöitä keskimäärin 10 vuorokauden välein, ja ne vaativat ilmausta 18 vuorokauden välein (taulukko 2).

Taulukko 2. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Öljyn lisäys	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajojen aikana	10	18	49	486
Tapahtunut x kertaa	46	27	10	

Vaihdettujen varaosien määrässä ei ilmennyt mitään poikkeavaa ja niitä kului melko kohtuulliseen tahtiin. Eniten kului venttiilejä ja niiden osia kuten neuloja ja tiivisteitä (taulukko 3).

Taulukko 3. Vaihdetut tiivisteet, venttiili ja mittarit.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • XCV60807 venttiin tiiviste (1 kpl) • Varoventtiin kalrez-tiiviste (1 kpl) • DA02 kannen tiiviste (5 kpl) • LC04 venttiin tiiviste (2 kpl) 	9
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Venttiili ennen DC03:a (1 kpl) • Badger-venttiin neula (1 kpl) • MV-60875 (1 kpl) • MV-60866 (1 kpl) • P6 neula (1 kpl) • XCV07 venttiili (1 kpl) • PC03:n neula P12 (1 kpl) • Badger-venttiili (1 kpl) 	8
Mittarit	<ul style="list-style-type: none"> • Vetyvirtausmittari (1 kpl) • Virtausmittari FC60803 (1 kpl) • Virtausmittari FC60806 (2 kpl) 	4

Taulukko 4. Vaihdetut suodattimet, pumpun osat ja muut osat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Suodatin (1 kpl) • Suodatin FD-60804 (1 kpl) 	2

Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumpun kalvo, venttiilit ja tiivisteet (1 kpl) • Öljyt (9 kpl) • Pumpun kalvonilmeusventtiili ja öljykorkki (1 kpl) • Pumppu (2 kpl) 	13
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Semelex (1 kpl) • Käyrä putki (1 kpl) • DC02:n lämmitysvastus (1 kpl) • SV60812 murtolevy (1 kpl) • PC60803 mittauslaite (1 kpl) • Murtolevy (2 kpl) • Vetyputki (1 kpl) • DC01 lämmitysvastuksen johto (1 kpl) 	9

Suurimpana ongelmana Koelaitteella 1 on syötön huono virtaus ja sen aiheuttamat tukkeumat. Käytetyt syötöt vaativat lämmityksen kannalta toimintavarmuutta laitteelta. Reaktorin hajoilevat lämpölohkot eivät helpottaneet syötön virtausta. Lämmityksen ja lämpöeristyksen olisi hyvä olla toimivammalla pohjalla. Pumppukin voi olla yhteensopimaton ajo-olosuhteille ja pumpatuille aineille.

3.1.2 Koelaitte 2

Koelaitteen 2 käyttöaste on korkea. Laitteiston häiriötiheys oli melko suuri, ja prosessihäiriöitä tapahtuikin keskimäärin 5 vuorokauden välein (taulukko 5). Koelaitteella 2 havaittiin ajopäiväkirjojen perusteella vain yksi suunnittelematon alasajo kahden viime vuoden ajalta. Alasajoon johtanut sulakevika korjattiin nopeasti saman päivän aikana ja koeajoa voitiin taas jatkaa.

Taulukko 5. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	5	814	670
Prosessihäiriötä yhteensä (kpl)	125		

Myös laiteen osien vaihtoa oli merkillisen vähän suhteessa muihin laitteisiin. Mitään tiettyjä usein vaihdettavia osia ei noussut esille. Muutamia tiivisteitä, venttiileitä, suodattimia ja tukkeutuneiden linjojen pätkiä täytyi välillä vaihtaa uuteen (taulukot 6 ja 7).

Taulukko 6. Vaihdetut tiivisteet ja venttiilit.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • DC54 VCR-tiiviste (3 kpl) • Painemittarin ”coretex”-tiiviste (1 kpl) • Hopeatiiviste (1 kpl) 	5
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Erottimen FA5254 paine-eroon perustavan pinnanmittauksen ylimmäinen venttiili, • PIC 5262 A venttiilin neula p12, tiiviste pakka ja rungon tiiviste (1 kpl) • PIC 5262 B venttiili (1 kpl) 	3

Taulukko 7. Vaihdetut suodattimet, pumpun öljyt ja muut osat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Syöttösuodatin (1 kpl) • Kämmer-venttiiliä edeltävä suodatin (1 kpl) • Suodatin (1 kpl) 	3
Pumppu ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Öljyt (18 kpl) 	18
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Demisterin päällä oleva linja (1 kpl) • Demisterin kanteen lyhyempi linja 	4

	(1 kpl)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Demisterin laipoille lämpösaatto (1 kpl) • Reaktorin anturitasku (1 kpl) 	

Kaikesta huolimatta Koelaitteella 2 oli hyvin paljon ongelmia syötön kulkemisen kanssa. Aivan omiin lukemiinsa nousivat pumppujen ongelmat, joita tapahtui keskimäärin 10 vuorokauden välein (taulukko 8). Pumppujen ilmausta täytyi suorittaa keskimäärin 12 vuorokauden välein, mikä kattoi isoimman osan ongelmista (taulukko 8). Tosin ilmaustarpeet yleensä sijoittuivat aikajanalle ryppäittäin. Kyse on enemmänkin syötön kuljettamisen ongelmasta eli syöttö ei välttämättä sovi käytetyille laitteille tai toisinpäin. Oman huomionsa sai myös öljyn lisäyksen tarve pumpuille, joka oli huomattava muihin koelaitteisiin verrattuna. Öljyä täytyi lisätä keskimäärin 37 vuorokauden välein, ja nekin tapahtumat toistuivat yleensä ryppäittäin aikajanalla (taulukko 8). Myös pumppujen huollontarve oli melko suuri.

Taulukko 8. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Öljyn lisäys	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajojen aikana	10	12	37	670
Tapahtunut x kertaa	68	58	18	

Merkittävin ongelma Koelaitteella 2 on siis syötön pumppaaminen. Jotta halutut koeajot voidaan suorittaa onnistuneemmin ilman syöttöongelmia, täytyisi syötölle löytää sopivimmat pumput.

3.1.3 Koelaitte 3

Koelaitteella 3 prosessihäiriöitä tapahtui keskimäärin 4 vuorokauden välein (taulukko 9). Reilun kahden vuoden aikana suunnittelemattomia alasajoja tapahtui yhteensä 6

kertaa. Määrä vaikuttaa melko kohtuulliselta, ja suunnittelemattomat alasajot johtuivat yleensä laitteiston tukkeutumisesta syötön jämähtäessä johonkin kohtaan laitteistoa.

Taulukko 9. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	4	955	360
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	84		

Uusien osienkin vaihtaminen oli melko maltillista. Vaihdetut osat olivat lähinnä kulutustavaraa, kuten venttiilit, niiden neulat ja tiivisteet, sekä suodattimet ja niiden tiivisteet (taulukot 10 ja 11). Ajoittain vaihdettiin linjan pätkiä venttiilien vaihdon ja tukkeutumisien yhteydessä.

Taulukko 10. Vaihdetut tiivisteet venttiilit ja mittarit.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • FA04 erottimen kannen tiiviste (1 kpl) • DC01 VCR-tiiviste (3 kpl) • Varoventtiin Kalrez-tiivisteet (1 kpl) • Suodattimen tiiviste (1kpl) • Suodattimen FD3403A tiivisteet (1 kpl) 	7
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Säästöventtiin LICA-3403A (neula 0,0001) (1 kpl) • Säästöventtiin LICA-3403B (neula 0,001) (1 kpl) • Pumpun varoventtiili (1 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) • Rikkivetylinjan varoventtiili (1 kpl) • XCV3404 kolmitieventtiili (1 kpl) • Tuotepuolen venttiili (2 kpl) • FIC3407 säästöventtiin (neula 0,025%) (1 kpl) 	9
Mittarit	<ul style="list-style-type: none"> • FA02 painemittari (1 kpl) • GA02 imulinjaan painemittari (1 kpl) 	2

Taulukko 11. Vaihdetut suodattimet, pumpun osat ja muut osat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Syöttösuodatin (2 kpl) • Micro 140 (1 kpl) • PALL FD3403B suodatin (1 kpl) • Suodatin FD3403A (1 kpl) • Tuotepuolen suodatin (1 kpl) 	6
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumpun kuulat (1 kpl) 	1
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktori DC01 ohituslinja (1 kpl) • Linjan pätkä (2 kpl) • Erottimelta FA04->FA07 ohituslinja (1 kpl) • Syöttösäiliön FA02 varolinja (1 kpl) • Stripperin trappilinja (1 kpl) • Stripperin trappilinjaan lämmitys-/jäähdytys-vaippa (1 kpl) 	7

Pumpun oireet Koelaitteella 3 olivat hyvin harvassa. Pumpun kanssa ongelmia sattui keskimäärin vain 33 vuorokauden välein (taulukko 12). Toimintahäiriön syynä oli lähinnä, ettei pumppu pumpannut ja vaati ilmausta. Koelaitteen 3 pumppu on 1980-luvulta, ja se onkin yksi koelaitteiden varmatoimisimmista pumpuista. Koeajopäiväkirjojen mukaan pumppua täytyi ilmata vain 72 vuorokauden välein (taulukko 12).

Taulukko 12. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajojen aikana	33	72	360
Tapahtunut x kertaa	9	5	

Isoimpana ongelmana Koelaitteella 3 vaikuttaisi olevan laitteiston tukkeutuminen. Tukkeutumisen yleensä aiheutti syötön kovettuminen. Koelaitte vaatisi enemmän lämpösaattoja ja eristämistä kylmimpiin paikkoihin.

3.1.4 Koelaitte 4

Ajopäiväkirjojen perusteella Koelaitteella 4 oli prosessihäiriöitä vain keskimäärin 17 vuorokauden välein (taulukko 13). Suunnittelemattomia alasajoja tapahtui vain kahdesti. Nekin johtuivat erottimen ongelmista ja lopulta erotin laitettiin huoltoon.

Taulukko 13. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	17	878	485
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	28		

Pumppujen kanssa ongelmia ei löytynyt yhtään. Ainoaksi ongelmaksi näyttäisi jäävän syötön kulkemisen estyminen suodattimien tukkeutuessa. Suodattimia jouduttiin vaihtamaan melko usein niiden tukkeutuessa. Toinen suhteellisen usein vaihdettavien osien ryhmä oli tiivisteet (taulukko14). Niitä jouduttiin vaihtamaan lähinnä uuden ajon aloituksen yhteydessä.

Taulukko 14. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • VCR-tiiviste (2 kpl) • Suodattimen tiiviste (1 kpl) • Reaktorin laipan tiiviste (4 kpl) 	7
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Käsiventtiili (2 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) 	3
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Micro 140 (1 kpl) • Micro 60 (5 kpl) • Micro 40 (2 kpl) • Suodatin (3 kpl) • Micro 15 (3 kpl) 	14
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktorin VCR-tiiviste 	1

Koelaite 4 vaikuttaa laitteena suhteellisen ongelmattomalta. Suodattimien ja tiivisteiden vaihto kuuluu laitteen normaaliin ajoon. Varaosista suodattimia ja tiivisteitä on hyvä olla valmiina varastossa, että ne eivät pääse yllättäen loppumaan kesken koeajon.

3.1.5 Koelaite 5

Koelaitteella 5 prosessihäiriöitä tapahtui kohtuullisesti keskimäärin 8 vuorokauden välein (taulukko 15). Suunnittelemattomia alasajoja tarkasteluajan aikana tapahtui neljä kertaa, ja ne kaikki liittyivät tiivisteiden vuotoihin.

Taulukko 15. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	8	972	436
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	57		

Laitteen vaihdetuin varaosa onkin tiivisteet (taulukko 16), ja niitä täytyi vaihtaa milloin mistäkin paikoista.

Taulukko 16. Vaihdetut tiivisteet venttiilit ja mittarit.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktorin tiiviste (2 kpl) • Paineanturin tiiviste (1 kpl) • Reaktorin kannen tiiviste (1 kpl) • Tislaimen näkölasin tiiviste (3 kpl) • Venttiilin karan tiivisteet (1 kpl) • Suodattimen tiiviste (2 kpl) • Rikityssyöttösäiliön kannen tiiviste (1 kpl) 	11
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Käsiventtiilin runko (1 kpl) • BP-venttiili (1 kpl) • P9 neula (1 kpl) 	3
Mittarit	<ul style="list-style-type: none"> • Pinnanmittarin sauva ja tuki (1 kpl) • Pumppujen GA-60501 ja GA-60505 painemittarit (2kpl) 	3

Taulukko 17. Vaihdetut suodattimet, pumpun osat ja muut osat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • 1 x suodatin (1 kpl) • 1 x 7 micro (1 kpl) • 3 x 60 micro (3 kpl) • 2 x 15 micro (2 kpl) 	9

	<ul style="list-style-type: none"> • 2 x 2 micro (2 kpl) 	
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Öljyt (2 kpl) • Vakuumitislaimen microraspumppu (1 kpl) 	3
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Linjan pätkä (1 kpl) • T-haara (1 kpl) 	2

Yleisin laitteiston prosessihäiriö oli syötön kulkemisen loppuminen. Monesti se johtui suodattimen tukkoon menemisestä ja suodatin olikin laitteen toiseksi vaihdetuin osa (taulukko 17). Monesti syöttö ongelmat johtuivat myös pumpuista. DA-05-vakuumitislaimen syöttösystemiin asennettiin microraspumppu helpottaakseen syötön pumppaamista. Pumppujen suurin ongelma oli syötön heikkeneminen. Häiriöitä pumpuilla ilmeni keskimäärin 23 vuorokauden välein (taulukko 18). Pumppuja ei tarvinnut kovinkaan usein ilmata, tai sitten ilmauksia ei aina merkitty ajopäiväkirjaan.

Taulukko 18. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)	
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajojen aikana	23	87		436
Tapahtunut x kertaa	19	5		

Laitteen suurimmaksi ongelmaksi nousi syötön eteneminen. Toisaalta yleensä syynä oli suodattimen tukkeutuminen ja niiden tehtävä on kuitenkin suodattaa epäpuhtauksia syötöstä. Suodattimien huoltoa tapahtui melko useasti, ja tämän vähentämiseksi suurempipinta-alaiset suodattimet voisivat vähentää huollon tarvetta. Toisena selkeänä ongelmana ilmeni tiivisteiden pettäminen. Syötöt ja ajo-olosuhteet voivat olla rankkoja tiivisteille, joten paremmin kestävä tiivisteet vähentäisivät ylimääräisiä alasajoja ja huoltoja.

3.1.6 Koelaitte 6

Koelaitteen 6 ajot sujuivat melko moitteitta. Vain yksi hetkellinen alasajo jouduttiin tekemään tarkasteluvälin aikana tukoksen aiheuttaessa paine-eroylärajahälytyksen. Muutamassa päivässä huomattiin, ettei paine-eroa enää synnykään ja koeajo voitiin laittaa taas käyntiin. Yleisin ongelma oli suodattimen tukkeutuminen, jolloin syöttö ei enää kulkenut eteenpäin ja toimenpiteenä tehtiin suodattimen vaihto (taulukko 19). Sinänsä suodattimien tukkeutuminen oli normaalia toimintaa suodattimien hoitaessa tehtävänsä suodattaen syötöstä epäpuhtauksia. Toisinaan, jos suodattimen tukkeutumista tapahtuu turhan usein, niin se aiheuttaa paljon huoltotyötä.

Taulukko 19. Prosessihäiriöiden ja suodattimien vaihdon määrä.

	Häiriöt	Suodattimien vaihto	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	8	15	870	347
Tapahtunut x kertaa	43	23		

Suodattimien lisäksi osia joutui vaihtamaan melko vähän. Perinteisiä kulutusosia vaihdettiin, kuten tiivisteitä ja venttiileitä (taulukko 20).

Taulukko 20. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Varoventtiilin tiiviste (1kpl) • Reaktorin hopeatiiviste (2 kpl) • VCR-tiiviste (1 kpl) 	4
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Syöttösuodatin (5 kpl) • Etummainen kaasupuolen suodatin (1 kpl) • Syöttösuodatin FD-5101 micro 60 (14 kpl) • Suodatin FD-5102 A & B (2 kpl) • Suodatin FD-5104A (1 kpl) 	23
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Syöttöpumppu (1 kpl) • Varoventtiilin ja syöttölinjan välinen liitos (2 kpl) 	3

Toinen lähestulkoon yhtä yleinen ongelma suodattimien kanssa oli pumppujen toimintahäiriöt, ja ne kulkivatkin käsi kädessä suodattimien toimintahäiriöiden kanssa. Jos syötön virtauksen kanssa oli ongelmia, niin se johtui joko suodattimen tukkeutumisesta tai pumpun ilmauksen tarpeesta. Monesti suodattimen vaihto ja pumpun ilmaaminen tehtiin yhtäaikaisesti (taulukot 19 ja 21). Käytännössä kaikki pumppujen vaatima operointi oli niiden ilmaamista (taulukko 21).

Taulukko 21. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	18	19	347
Tapahtunut x kertaa	19	18	

Ajopäiväkirjoista pääteltynä turhia poikkeamia aiheuttavat suodattimien tukkeutumisen määrä. Parannuksena laitteistolle voisi olla järkevämpi suodatusmekanismi. Suodatin voisivat olla suodatuspinta-alaltaan suurempi, ettei se tukkeutuisi niin nopeasti. Suodattimen tukkeutumisen takia pumppu alkaa kerätä ilmaa ja tämän takia pumppua joutuu ilmata usein.

3.1.7 Koelaitte 7

Koelaitteen 7 ongelmat ovat hyvin samankaltaisia ja samoissa määrin, kuin Koelaitteella 6. Tarkasteluvälin aikana tapahtui suunnittelemattomia alasajoja vain kerran, mikä johtui ilmastointikatkoksesta. Tilanne saatiin korjattua melko nopeasti ja jatkettua koeajoa. Merkittävin ongelma oli syötön etenemisen vaikeudet. Useimmiten se korjaantui suodattimen vaihdolla tai ilmaamalla pumppua. Tosin ajopäiväkirjan mukaan suodattimia vaihdettiin puolet vähemmän, kuin Koelaitteella 6 (taulukot 19 ja 22). Tämä saattaa selittyä osittain sillä, että Koelaitteella 7 suodattimia saatettiin puhdistaa ja käyttää uudelleen sen sijaan, että vaihdettaisiin uuteen.

Taulukko 22. Prosessihäiriöiden ja suodattimien vaihdon määrä.

	Häiriöt	Suodattimien vaihto	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	9	36	856	395
Tapahtunut x kertaa	42	11		

Toiseksi yleisimmäksi ongelmaksi muodostuivat pumppujen ongelmat. Pumppujen pumppaamattomuuden takana oli yleensä ilmauksen tarve (taulukko23). Muutaman kerran pumpuissa ilmeni mekaanista vikaa, jolloin pumppu vaati huoltoa.

Taulukko 23. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	25	33	395
Tapahtunut x kertaa	16	12	

Muutamia kertoja Koelaitteella 7 oli ongelmia venttiilien kanssa. Usein ongelma oli Kämmer-venttiilien kanssa, jolloin venttiili ei toiminut halutulla tavalla tai se vuoti läpi. Venttiilien ongelmat saatiin nopeasti korjattua huoltamalla niitä tai vaihtamalla venttiilin neulaa. Jonkin verran tarkasteluvälin aikana kului normaaleja kulutusvaraosia kuten tiivisteitä ja takaiskuventtiileitä (taulukko 24).

Taulukko 24. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> Suodattimen tiiviste SS-4TF-K2 (5 kpl) Varoventtiileihin kalrez-tiiviste (2 kpl) 	7
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> 15 micro (1 kpl) 60 micro (2 kpl) 140 micro (1 kpl) FD-5091-suodatin (6 kpl) FD-5084A-suodatin (1 kpl) 	11
Muut	<ul style="list-style-type: none"> Suodatinrunko (1 kpl) Takaiskuventtiili (2 kpl) Venttiilin neula 0,0001 (1 kpl) 	4

Normaalista ajosta poikkeavia tapahtumia voitaisiin tämänkin laitteen kohdalla vähentää suunnittelemalla parempi suodatusjärjestelmä. Suurempi suodatuspinta-ala saattaisi vähentää jatkuvaa suodattimien vaihtoa. Jos pumppujen ilmaamisen määrää halutaan vähentää, niin tilalle voisi etsiä sopivimmat pumput.

3.1.8 Koelaitte 8

Koelaitteella 8 ei ole tehty koeajoja hetkeen, joten tarkasteluvälin pituus on vain 318 vuorokautta, joista ajoa oli 201 vuorokautta (taulukko 25). Koelaitteen 8 ajopäiväkirjoja lukemalla selviääkin, että Koelaitteen 8 vähäiseen käyttöasteeseen syynä taitaa olla sen huono toimintavarmuus. Onnistunutta koeajoaikaa ei juuri ollut, ja prosessihäiriöitä ilmeni toisensa perään. Ongelmina ilmeni muun muassa, että sekoittajan lavan ruuveja piti vaihtaa, reaktorin kansi vuoti tai laite meni jostain kohdasta tukkoon. Vaihdetuin osa olikin suodatin (taulukot 26 ja 27).

Taulukko 25. Prosessihäiriöiden ja suodattimien vaihdon määrä.

	Häiriöt	Suodattimien vaihto	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	6	9	318	201
Tapahtunut x kertaa	34	22		

Taulukko 26. Toiseksi eniten varaosista vaihdettiin tiivisteitä ja ruuveja.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Varoventtiiliin Kalrez-tiivisteet (1 kpl) • Pumpun männän tiivisteet (1 kpl) • Lewa-pumpun kaikki tiivisteet (1 kpl) • Reaktorin pohjaventtiilin hopeatiiviste (2 kpl) • Reaktorin kannen tiiviste (3 kpl) 	8
Ruuvit	<ul style="list-style-type: none"> • Sekoittajan lavan ruuvi (8 kpl) 	8

Taulukko 27. Loput vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Varoventtiili (1 kpl) • Reaktorin pohjaventtiili (1 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) 	3
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Syöttö- ja tuotesuodatin (22 kpl) 	22
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Johto (2 kpl) • Muoviletku (1 kpl) • Lewa-pumpun mäntä (1 kpl) 	6

	<ul style="list-style-type: none"> • Tulppamutteri (1 kpl) • Linjan pätkä (1 kpl) 	
--	---	--

Pumput toimivat hyvin tavanomaisesti. Toimintahäiriöitä tulee melko tasaisesti keskimäärin noin 25 vuorokauden välein. Puolissa tapauksista tarvittiin ilmausta (taulukko 28). Pumppujen kanssa oli myös mekaanista vikaa, joka vaati huoltoa ja viivästytti koeajoa parhaimmillaan 37 vuorokautta. Pumpun öljynvuotokin saattoi huonoimmillaan aiheuttaa kahdeksan vuorokauden viivästyksen koeajoihin.

Taulukko 28. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	25	50	201
Tapahtunut x kertaa	8	4	

Koelaitteen 8 lyhyelle alle vuoden pituiselle tarkasteluvälille mahtui peräti 6 suunnittelematonta alasajoa. Se jo kertoo, että kyseinen koeajolaite ei ole kovinkaan toimiva. Syitä alasajoihin oli mm. reaktorin pohjan venttiilin vuoto, sekoittajan viat, tukokset ja pumppujen toimintahäiriöt. Alasajoihin johtaneiden prosessihäiriöiden kirjo on melko laaja. Häiriöiden laajuus on varmasti antanut aihetta olla käyttämättä Koelaitetta 8 koeajoissa.

3.1.9 Koelaitte 9

Koelaitteen 9 ajopäiväkirjojen perusteella sen yksittäinen ajo kesti vajaan viikon verran. Ajopäiväkirjahistoriaa Koelaitteelle 9 löytyi vain 208 vuorokauden ajalta, mutta ne ajot ovat tuoretta ajodataa. Itse ajoa Koelaitteelle 9 kertyi 101 vuorokautta (taulukko 29). Niistäkin päivistä sai jonkun verran selville Koelaitteen 9 luonteesta.

Taulukko 29. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajon aikana (vrk)	8	208	101
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	12		

Aluksi vaikutti siltä, että Koelaitteen 9 ajoissa ei tule mitään poikkeavia tilanteita normaalista ajosta tai sitten niitä ei vain kirjoiteta muistiin. Ajojen edetessä alkoi kuitenkin ilmetä normaalia venttiilien vaihdon tarvetta ja tukkeutumisia, jotka avattiin tai vaihdettiin tukkeutunut linjan pätkä uuteen (taulukko 30). Kerran ilmapainepumppu lopetti pumppaamisen ja sen tilalle vaihdettiin toinen pumppu.

Taulukko 30. Vaihdetut varaosat.

Vaihdetut osat
<ul style="list-style-type: none"> • Anturitasku (1 kpl) • Ilmapainepumppu (1 kpl) • Venttiili (1 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) • Linjan pätkä (1 kpl) • Painemittari (1 kpl)

Yleisimmäksi ongelmaksi Koelaitteen 9 koeajoissa nousi pumpun ongelmat (taulukko 31). Useimmiten pumppu ei tuottanut haluttua painetta tai tasaisen paineen saaminen tuotti ongelmia. Paine saattoi vaihdella kesken koeajon. Paineen vaihdellessa tilannetta korjattiin säätelämällä pumpun sykettä ja ilmaamalla pumppua.

Taulukko 31. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	14	51	101
Tapahtunut x kertaa	7	2	

Koelaite 9 vaikuttaa melko normaalitoimiselta laitteelta. Ajoissa ilmenee syöttöongelmia pumppaamisen yhteydessä ja laitteisto tukkeutuu välillä. Riittävät lämpösaatot voisivat estää tukkeutumisen ja parantaa syötön paineen tasaisuutta. Laitteen tukkeutuessa pumpulla saatetaan pumpata niin kovaa, että tukoksen poistamisen jälkeen pumppu vaatii huoltoa. Kiinnittämällä huomiota pumppujen rasitukseen voitaisiin mahdollisesti parantaa pumppujen toimivuutta.

3.1.10 Koelaite 10

Tarkasteluväliksi saatiin 756 vuorokautta, joista ajoa oli 482 vuorokautta (taulukko 32). Koelaitteen 10 ajojen pituuden vaihtelivat muutamista päivistä muutamiin kuukausiin. Normaalista ajosta poikkeavat tilanteet olivat hyvin vähäisiä. Välillä nousi epäily, että kirjataanko kaikkia häiriötapahtumia ajopäiväkirjaan.

Taulukko 32. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	44	756	482
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	11		

Vaihdettuja osia oli vain kolme: tuotesuodatin, Kalrez-tiiviste varoventtiilille ja pumppu (taulukko 33).

Taulukko 33. Vaihdetut varaosat.

Vaihdetut osat
<ul style="list-style-type: none"> • Tuotesuodatin (1 kpl) • Kalrez-tiiviste (1 kpl) • Pumppu (1 kpl)

Yleisimmät häiriöt liittyivät pumppuun. Käytännössä jokaisessa pumpun operointitilanteessa se liittyi pumpun ilmaamiseen (taulukko 34). Pumpun ilmaaminen on sinänsä normaalia toimintaa. Joskus sitä tapahtuu toisilla laitteilla aivan haitaksi asti, mutta ei Koelaitteen 10 kohdalla. Pumpun kanssa ongelmia oli hyvin harvakseltaan. Yhden kerran pumppu jouduttiin vaihtamaan toiseen, kun se oli vuotanut ilmareiästään.

Taulukko 34. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	80	96	482
Tapahtunut x kertaa	6	5	

Koelaitte 10 vaikuttaa toimivan laitteena hyvin. Ainoana ongelma oli itse ajopäiväkirjojen järjestyksen epäselvyys. Ajopäiväkirjat oli kirjoitettu hyvin, mutta ne voisivat olla kansioissaan selkeämmin merkittynä aikajärjestyksessä.

3.1.11 Koelaitte 11

Koelaitteen 11 ajopäiväkirjoja tutkiessa oli sama ongelma kuin Koelaitteen 10 kanssa. Eri koeajot on kirjattu kansioihin hyvin niiden nimen perusteella. Jos taas haluaa käydä koeajoja aikajärjestyksessä läpi, niin tehtävästä tulee haasteellisempi.

Koeajojen tarkasteluvälin alussa koeajot ovat hyvin lyhyitä muutaman viikon pituisia. Lyhemmissä koeajoissa ei juuri normaalista ajosta poikkeavia tilanteita ehtinyt syntyä ja aluksi tuntuikin, että Koelaitte 11 on melko oireeton laite. Viimeisin koeajo nimeltään koeajo 2 oli koeajoista reippaasti pisin yhteensä kestäen 305 vuorokautta. Sen aikana ehti tapahtua lähes kaikki Koelaitteen 11 poikkeamatilanteet normaalista ajosta. Aivan ehdottomasti suurimmaksi ongelmaksi nousi laitteen tukkeutuminen eri paikoista (taulukko 35). Toisena huomiona oli pumpun ilmauksen tarve, joka sinänsä on normaalia toimintaa, mutta se oli melko yleistä.

Taulukko 35. Prosessihäiriöiden, tukoksien ja pumppujen ilmauksen määrä.

	Häiriöt	Tukokset	Pumppujen ilmaus	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajo yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	5	8	15	785	505
Tapahtunut x kertaa	98	65	34		

Koelaitteeseen 11 ei tarvinnut juurikaan vaihtaa varaosia. Ajopäiväkirjojen mukaan vain yhden kerran täytyi suodatin (micro 60) vaihtaa. Pumppu vikaantui kaksi kertaa tarkasteluvälin aikana, minkä seurauksena tilalle laitettiin varapumppu, ja alkuperäinen pumppu meni huoltoon. Tästä ei seurannut mitään viivästystä ajon suhteen. Yhden kerran laite jouduttiin ajamaan alas, kun reaktori meni tukkeeseen.

Johtopäätöksenä voisi vetää, että merkittävin ongelma oli laitteiston tukkeutuminen. Linjat tukkeutuivat aina samoista paikoista ja ne olikin helppo etsiä ja aukaista ilman, että siitä oli mitään sen suurempaa vaikutusta ajoihin. Tukkeumia ilmeni viimeisimmässä ajossa jatkuvalla syötöllä melkein päivittäin. Tämä vaikutti tuovan melkoisen määrän työtä kokonaisuudessaan. Tilanteen voisi luultavasti korjata riittäväillä saattolämmityksillä ja eristyksillä yleisimmin tukkeutuvissa paikoissa. Tämä toimenpide varmasti vähentäisi paljon ylimääräisen työn määrää.

3.1.12 Koelaitte 12

Koelaitteen 12 käyttöaste on ollut korkea ainakin tarkasteluvälin ajalta (taulukko 36). Jälleen kerran ajopäiväkirjojen aikajanallinen järjestys on vaikeasti havaittavissa. Normaalia ajosta poikkeavat tilanteet olivat harvassa ajopäiväkirjojen perusteella.

Taulukko 36. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	21	779	637
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	31		

Laite vaikutti hyvin toimivalta. Mitään erityisempää laitteelle tyypillistä prosessihäiriötä on hyvin vaikea nimetä. Laitteella ilmeni hyvin perinteisiä ongelmatilanteita ja hyvin maltillisin määrin. Muutamia suodattimia, venttiileitä ja paineantureita jouduttiin vaihtamaan ajon aikana (taulukko 37).

Taulukko 37. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> Syöttösuodatin (1 kpl) Tuotesuodatin (1 kpl) Micro 60-suodatin (1 kpl) 	3
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> Säätövaroventtiili (1 kpl) Kolmitieventtiili (1 kpl) Varoventtiilin jousi (1 kpl) 	3
Anturit	<ul style="list-style-type: none"> Paineanturi (3 kpl) 	3
Muut	<ul style="list-style-type: none"> Invertterin näyttö (1 kpl) Lämpösaatto (1 kpl) Kolmitieliitin (1 kpl) Pumpun pää (1 kpl) 	4

Pumput vaikuttivat toimivan hyvin. Kerran täytyi vaihtaa pumpun pää. Pumpun pään vuotoa oli havaittu jo neljä kuukautta ennen sen vaihtamista. Muuten pumpuille täytyi tehdä vain perinteistä ilmaamista ja sitäkin melko vähän (taulukko 38).

Taulukko 38. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein ajon aikana	71	91	
Tapahtunut x kertaa	9	7	

Johtopäätöksenä voisi vetää, että Koelaitte 12 on hyvin toimiva laite. Laitteen tukkeutumisesta ei ollut puhetta ja pumputkin pumppaavat syöttöä hyvin. Vain yksi alasajo tapahtui tarkasteluvälin aikana ja sekin johtui vain sähkökatkosta eli ei itse laitteesta.

3.1.13 Koelaitte 13

Koelaitteeseen 12 verrattuna Koelaitteella 13 prosessihäiriöitä oli lähes kaksinkertaisesti (taulukot 36 ja 39). Yleisin poikkeama normaalista ajosta oli tukkeutuminen. Linjat tai reaktori saattoi olla tukkeessa, jolloin prosessin virtaama oli estynyt kulkemaan. Monia muitakin tilanteita oli, missä kaasu ei kulkenut, syöttöä ei saatu eteenpäin ja pumppu ei jaksanut enää pumpata. Laitteistossa ilmeni myös vuotoja milloin mistäkin liitoksesta.

Taulukko 39. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	11	854	537
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	51		

Useimmiten vaihdettu osa oli suodatin (taulukko 40). Suodattimien vaihtoa esiintyi yleensä silloin, kun laitteisto oli tukkeutumassa. Tukkeutumisien yhteydessä pumput ja venttiilit saattoivat rasittua, sillä niitä täytyi vaihtaa jonkin verran.

Taulukko 40. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Kalrez-tiiviste (1 kpl) • Viton-tiiviste (2 kpl) 	3
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Säästöventtiili (1 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) • Kolmitieventtiili (1 kpl) • Varoventtiili (2 kpl) 	5
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Suodatin (4 kpl) • Micro 15-suodatin (3 kpl) • Suodatinrunko (1 kpl) • Micro 60-suodatin (2 kpl) 	10
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumpun pää (5 kpl) 	5
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Letku (3 kpl) • Massavirtasäädin (1 kpl) • Linjan pätkä (1 kpl) • Lämmityksensäädin (1 kpl) 	6

Muutaman kerran laitteiston tukkeutuminen johti alasajoon. Yhden kerran suunnittelematon alasajo tapahtui pumpun vikaantuessa. Tähänkin on saattanut olla syynä laitteiston tukkeutumisen aiheuttama rasitus pumpulle. Pumpun toimintahäiriöt olivat melko yleisiä. Usein vaadittiin pumpun ilmaamista, mutta jo puolet vioista liittyi muihin ongelmiin (taulukko 41). Pumput hyytyivät melko usein, eikä ilmaaminen enää auttanut. Monesti tästä seurasi, että pumpun pää meni vaihtoon ja huoltoon.

Taulukko 41. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein	27	41	537
Tapahtunut x kertaa	20	13	

Koelaitteen 13 ajopäiväkirjoista poimittujen prosessihäiriöiden perusteella suurin ongelman aiheuttaja oli laitteiston tukkeutuminen. Tukkeuma ilmeni yleensä reaktorin sisällä kovettumana. Tukkeutumisen syynä saattaa olla ajojen syötöt ja olosuhteet. Vaikuttaisi siltä, että suurin haaste on yhdistää kyseinen laitteisto, syöttö ja olosuhteet toimivaksi paketiksi.

3.1.14 Koelaitte 14

Koelaitetta 14 tarkasteltiin viimeisen kahden vuoden ajalta, josta se oli ajossa yhteensä vain 11 kuukauden ajan (taulukko 42). Koelaitteen 14 ongelmat muistuttivat Koelaitteen 13 prosessihäiriöitä, mutta häiriöt olivat vähemmän vaativia. Lähinnä Koelaitteen 14 ongelmana olivat pienet tukkeutumiset ja vuodot. Näihin ongelmiin liittyivätkin Koelaitteen 14 muutamia osan vaihdot, kuten varoventtiilin tiivisteet, poistokaasulinja, palloventtiili, takaiskuventtiili ja varoventtiilin jousi.

Taulukko 42. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	8	758	336
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	43		

Ongelmia koeajoissa näyttäisi olevan kohtuullisesti. Ongelmista vain 13 kappaletta liittyivät tukkeutumisiin ja vuotoihin. Loput 30 poikkeamaa olivat pumppujen ilmaamisia (taulukko 43). Ajopäiväkirjoista ilmeni, että pumppujen ilmausta ei tehty sen takia, että

pumppu olisi hyytynyt vaan, jotta saataisiin tarkempia lukemia syötön vaa'asta ja ilmaus tehtiin aina syötön lisäyksen yhteydessä. Pumput toimivat niin kuin kuuluukin. Pumpun toimintahäiriötaulukko (taulukko 43) ilmoittaa ennemminkin pumpun operoinnin määrän.

Taulukko 43. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein	11	11	336
Tapahtunut x kertaa ajojen aikana	30	30	

Pumpun ilmaaminen ei vaikuttanut olevan riesana, vaan osana Koelaitteen 14 normaalia operointia. Näistä päätellen koeajot vaikuttivat vaivattomilta lukuun ottamatta tukkeutumisia ja vuotoja. Osia ei juuri tarvinnut vaihtaa, eikä pumppujenkaan kanssa ollut ongelmia.

3.1.15 Koelaitte 15

Koelaitteen 15 ajoissa ilmeni melko paljon ongelmia etenkin viimeaikaisissa ajoissa. Laite on ollut aktiivisesti käytössä tarkasteluvälin aikana, joten normaalista ajosta poikkeavia tilanteita on ehtinyt kertyä. Ajon aikainen keskimääräinen prosessihäiriöiden väli ei ollut erityisen tiheä suuren käyttöasteen takia (taulukko 44).

Taulukko 44. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	12	869	617
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	52		

Vuotoja ilmeni laitteistossa, ja se näkyi vaihdetuissa osissa venttiileiden ja tiivisteiden määrän kohdalla (taulukko 45). Laitteiston ajoissa paine saattoi heitellä edestakaisin, ja sitä pyrittiin säätämään paineensäätövariventtiilillä ja siihen vaihdeltiin eri painealueille sopivia jousia. Ajojen alkuvaiheessa yleensä ilmeni sama ongelma, kun kaikki lämpölohkot eivät lähteneet lämpenemään ja syy oli sulakkeessa, joka piti kääntää toiminta-asentoon. Koelaitte 15 tukkeutui myös aika ajoin ja vaati suodattimien vaihtoa. Syöttösäiliön vaa'an lukema heilui edestakaisin, mikä vaikeutti syötön liikkumisen seuranta.

Taulukko 45. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Suodattimen tiivisterengas (1 kpl) • Tuotesäiliön kannen tiiviste (1 kpl) • Kalrez-tiiviste (1 kpl) • Suodatinpakan tiiviste (1 kpl) • Reaktorin alaosan liitoksen tiiviste (1 kpl) • Varoventtiilin tiiviste (1 kpl) 	6
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Varoventtiili (6 kpl) • Varoventtiilin jousi (5 kpl) • Takaiskuventtiili (1 kpl) • Venttiili (1 kpl) • Kolmitieventtiili (1 kpl) 	14
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Micro 15-suodatin (2 kpl) • Micro 60-suodatin (2 kpl) • Suodatin (4 kpl) 	8
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumppu (6 kpl) 	6
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • 6 mm linja (1 kpl) • Lämpösaatto (1 kpl) 	2

Koelaitteella 15 reilun kaksivuotisen tarkasteluvälin aikana kirjattiin 18 ongelmaa pumppujen kanssa (taulukko 46). 17 tapahtumaa niistä kirjattiin viimeaikaisissa Koelaitteen 15 koeajoissa numero 1, jotka kestivät vain 3,5 kk. Pumpuissa ongelmana

oli, että ne eivät yllättäen jaksaneet pumpata. Siitä seurasi, että pumppu meni huoltoon ja toinen huollettu laitettiin tilalle. Olisi hyvä seurata, jatkuvatko ongelmat pumppujen osalta seuraavissakin ajoissa vai koskivatko ongelmat vain koeajoja numero 1. Siitä näkisi, eikö kyseinen ajo vain sopinut laitteelle vai onko laitteen kohdalla tapahtunut jotain muuta, kun pumput oikkuilevat niin paljon.

Taulukko 46. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein	34	77	617
Tapahtunut x kertaa ajojen aikana	18	8	

Koelaitteella 15 toimintavarmempana laitteena olisi paljon kehittämisen varaa. Toimivuuden parantamisen varaa voisi löytyä sen lämpölohkoista, syötön kulkemisen seuraamisesta, paineen tasaisuudesta ja pumppujen toimivuudessa.

3.1.16 Koelaitte 16

Koelaitteen 16 ajoja tarkasteltiin hieman pidemmältä ajalta, jotta laitteen käyttöasteesta saataisiin todenmukaisempaa kuvaa. Ajopäiväkirjojen tarkastelu tapahtui viimeisimmän 1000 vuorokauden ajalta, jonka aikana laite oli ajossa vain 386 vuorokautta (taulukko 47). Prosessihäiriöitä kirjattiin melko vähän, mutta se johtuu vain laitteen alhaisesta käyttöasteesta.

Taulukko 47. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	12	1000	386
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	33		

Kaikista yleisin prosessihäiriö Koelaitteella 16 oli vuoto. Vuotoja ilmeni yhteensä 14 kappaletta, joka oli lähes puolet ajopäiväkirjoista poimituista prosessihäiriöistä (taulukko 47). Laitteisto vuoti milloin mistäkin liitoksesta. Merkittävimiksi vuotokohdiksi ilmenivät reaktorin liitokset. Muutaman kerran reaktoria täytyi vaihtaa ja yksi uusikin tilattiin laitteelle. Vuotoja ilmeni uusien ajojen aloitusvaiheessa ja etenkin, jos edellisestä ajosta oli kulunut paljon aikaa. Vuodot viivästyttivät monesti ajon kunnolla käyntiin saamista. Vuotojen takia laitteella jouduttiin jonkin verran vaihtamaan tiivisteitä (taulukko 48).

Taulukko 48. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotesäiliön kannen tiiviste (1 kpl) • Kalrez-tiiviste (1 kpl) • Takaiskuventtiilin tiiviste (1 kpl) • Hopeatiiviste (1 kpl) 	4
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Takaiskuventtiili (1 kpl) 	1
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Micro 15-suodatin (5 kpl) 	5
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumpun pää (3 kpl) 	3
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktori (2 kpl) • Kaasukello (1 kpl) 	3

Mitään erityisempää osien vaihdoissa ei ilmennyt (taulukko 48). Suodattimia vaihdettiin suhteellisen normaaliin tahtiin niiden likaantuessa. Pumpun päitä vaihdettiin muutaman kerran niiden vuotaessa. Pumpuilla ei ilmennytkään muita toimintahäiriöitä, kuin muutamat vuodot. Vaikuttaakin siltä, että tämän laitteen ainoa erityisempi oikku on liitosten pitävyys laitteen ylösajovaiheessa. Kun liitoksia kiristelemällä ja painetestissä onnistuttua päästään vuodoista eroon, niin laitteen ajot lähtevätkin mukavasti käyntiin.

3.1.17 Koelaitte 17

Koelaitteen 17 käyttöaste oli alhainen Koelaitteen 16:n tavoin (taulukot 47 ja 49). Koelaitteen 17 ajot vaikuttivat hyvin toimivilta tai ainakaan häiriötilanteita ei ollut juurikaan merkitty ajopäiväkirjoihin (taulukko 49).

Taulukko 49. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajon aikana (vrk)	33	972	265
Prosessihäiriöt yhteensä (kpl)	8		

Alhaisen käyttöasteen takia prosessihäiriöitä ei ole juurikaan ehtinyt kertyä (taulukko 49). Yksittäisiä häiriöitä ilmeni, kuten pinnankorkeuden mittauksen vikaantumista kahteen kertaan ja pientä tukkeutumista, mutta nekin saatiin korjattua pumpun ilmaamisella ja suodattimen vaihdolla. Neljä kertaa toimintahäiriöitä ilmeni pumpun kohdalla. Kun pumppu oli tukkeutumassa, hyytymässä tai muuten pysähtynyt, niin tilanteesta selvittiin pumppua ilmaamalla. Kerran pumppu jouduttiin vaihtamaan vuodon takia ja vuotava pumppu meni huoltoon. Ainoa ajopäiväkirjoissa mainittu vaihdettu osa oli likaantunut suodatin, eikä suunnittelemattomia alasajojakaan löytynyt.

3.1.18 Koelaitte 18

Koelaitteen 18 käyttöaste on ollut melko alhainen, kun tarkasteluvälin pituus oli 957 vuorokautta ja ajoa kertyi vain 315 vuorokautta (taulukko 50). Keskimääräiseksi prosessihäiriöväliksi ajon aikana kertyi hyvin tavanomainen noin 10 vuorokautta. Häiriöt olivat lähinnä vuotoja tai liittyivät pumppuihin (taulukot 50 ja 51).

Taulukko 50. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoa yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	10	957	315
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	32		

Laitteisto vuoti milloin mistäkin, mutta tavanomaisimmat paikat olivat tuotesäiliön kannen tiiviste tai pumpun pää. Pumpun päitä jouduttiin vaihtamaan melko paljon niiden vuotaessa tai menettäessä pumppaustehonsa.

Taulukko 51. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein	29	158	315
Tapahtunut x kertaa ajojen aikana	11	2	

Muista vuodoista selvittiin tiivisteiden vaihdolla ja kiristelemällä liitoksia. Syöttölinjan suodattimia kului melkoisen paljon niiden likaantuessa (taulukko52).

Taulukko 52. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> Tuotesäiliön kannen tiiviste (3 kpl) Kalrez-tiiviste (1 kpl) 	4
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> Pumpun takaiskuventtiili (2 kpl) Takaiskuventtiili (1 kpl) 	3
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> Micro 15-suodatin (5 kpl) Suodatin (2 kpl) Kaasustripperin suodatin (1 kpl) 	8
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> Pumpun pää (4 kpl) Pumppu (1 kpl) 	5
Muut	<ul style="list-style-type: none"> Suodatinkotelo (1 kpl) 	1

Koelaitteen 18 ajoissa tapahtui ajopäiväkirjojen mukaan kaksi suunnittelematonta alasajoa. Ensimmäisessä tapahtumassa tuotesäiliön kansi vuoti. Alasajossa vaihdettiin kannen tiiviste ja tehtiin muita korjauksia samalla. Toisessa suunnittelematomassa alasajossa pumppu alkoi vuotaa. Tätä ennen pumpun kanssa oli ollut useampia ongelmia ja pumpun päitä oli jouduttu laittamaan huoltoon muutamaan otteeseen. Mahdollisesti varalla olevat pumpun päät ovat loppuneet ja siten laitteisto on jouduttu laittamaan alasajoon. Yleisesti Koelaitteen 18 ongelmat ovat samanlaisia kuin koelaitteilla 16 ja 17.

3.1.19 Koelaitte 19

Koelaitteen 19 keskimääräinen prosessihäiriöväli ajojen aikana oli tavanomainen noin 10 vuorokautta (taulukko 53). Koelaitte 19 käyttöaste oli hieman korkeampi, kuin

koelaitteilla 16–18 (taulukot 47, 49, 50 ja 53), jotka ovat myös hyvin samankaltaisia koelaitteita.

Taulukko 53. Prosessihäiriöiden määrä.

	Häiriöt	Tarkasteluvälin pituus (vrk)	Koeajoja yhteensä (vrk)
Häiriöväli keskimäärin koeajojen aikana (vrk)	10	936	466
Prosessihäiriöitä yhteensä (kpl)	46		

Selkeästi eniten prosessihäiriöitä tapahtui tarkasteluvälin aikana Koelaitteen 19 koeajoissa numero 18. Tässä ajossa erottimen pinnankorkeus vaelteli. Pinnan käydessä korkealla tuotetta kertyi kaasutuotelinjaan ja aiheutti jatkuvasti suodatinkupin putsausta ja suodattimen vaihtoa. Ajon jälkeen erotin poistettiin käytöstä ja tuotepuoli linjoitettiin siten, että paineensäätö tapahtuu jousikuormitteisella varoventtiilillä. Tämä ratkaisu ainakin vähensi prosessihäiriöiden tiheyttä seuraavissa ajoissa. Yleisimmät häiriöt ovat olleet tukokset, vuodot ja pumppujen pumppausongelmat. Syöttö tukki suodattimet monesti, ja niitä täytyi vaihtaa paljon (taulukko 54).

Taulukko 54. Vaihdetut varaosat.

	Osat eriteltyinä	Yhteensä (kpl)
Tiivisteet	<ul style="list-style-type: none"> • Takaiskuventtiilin tiivisteet (1 kpl) • Pumpun takaiskuventtiilin tiivisteet (1 kpl) 	2
Venttiilit	<ul style="list-style-type: none"> • Jousikuormitteinen varoventtiili (2 kpl) 	2
Suodattimet	<ul style="list-style-type: none"> • Micro 7-suodatin (1 kpl) • Micro 15-suodatin (2 kpl) • Suodatin (9 kpl) 	12
Pumput ja sen osat	<ul style="list-style-type: none"> • Pumpun pää (2 kpl) 	2
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Linjan pätkä (1 kpl) • Tuotelinjan säädin (1 kpl) • Reaktori (1 kpl) 	3

Pumppujen kanssa ei juurikaan ollut ongelmia (taulukko 55). Ehdottomasti yleisin pumpun ongelma oli, että se saattoi sammua kesken kaiken. Pumput eivät myöskään välillä jaksaneet pumpata ja saattoivat vuotaa myös. Lämpöjä lisäämällä pumppu jaksoi pumpata taas. Muutaman kerran pumpun pää täytyi vaihtaa ja tehdä myös pumpun takaisku- ja tiivistehuoltoa.

Taulukko 55. Pumppujen toimintahäiriöt.

PUMPUT	Häiriöt	Ilmaus	Koeajoa yhteensä (vrk)
Tapahtunut keskimäärin x vrk välein	39	233	466
Tapahtunut x kertaa ajojen aikana	12	2	

Suunnittelemattomia alasajoja Koelaitteella 19 tapahtui viisi kertaa tarkasteluvälin aikana. Kolme kertaa alasajo tapahtui reaktorin vuodon takia. Lopulta uusi reaktorikin täytyi tilata kun vanhaa ei saatu enää pysymään tiiviinä. Kaksi muuta alasajoa tapahtui kun laitteisto oli tukossa, eikä syöttö enää kulkenut. Koelaitteella 19 oli paljon vuoto-ongelmia etenkin ylösajon yhteydessä. Vuotojen kuriin saaminen vei paljon aikaa ennen, kuin ajo saatiin kunnolla käyntiin. Tämä sama ongelma pätee myös koelaitteille 16–18. Yhteisesti näille laitteille, kun vuoto-ongelmat saataisiin kuriin, niin ajot olisivat tehokkaampia. Suodatinjärjestelmätkin tuottivat aika paljon lisätyötä, joten paremman systeemin löytyessä ajot tehostuisivat.

3.2 Kehitysideat

Yleisimpinä prosessihäiriöinä olivat laitteiden vuodot ja suodattimien tukkeutumiset. Näiden häiriöiden kohdalla onkin toiminnan suhteen tehty muutoksia. Laitteiden huoltovälien yhteydessä vaihdetaan suodattimet ja tiivisteet uusiin. Tiivistemateriaaleissa on siirrytty kuparisista hopeisiin. Hopeatiivisteet kestävät kovia ajo-olosuhteita huomattavasti paremmin. Aiemmin kupariset saattoivat syöpyä pois. Myös kumitiivisteiden kohdalla käytetään kestävämpiä materiaaleja. Suodattimet saavat kuitenkin tukkeutua edelleen melko usein, vaikka ne vaihdettaisiinkin ennen koeajojen alkua. Tästä tulikin ajatus, jos suodattimet olisivat isompia, eli suodatuspinta-alaa olisi enemmän. Näin ne voisivat vaatia vähemmän huoltoa ajojen aikana.

Myös toinen idea tuli suodattimien tukkeutumisen vähentämiseksi koeajojen aikana. Osa koeajoissa käytetyistä syötöistä tulee suoraan Nesteen omilta tuotantolinjoilta ja

saattaa olla ajoittain melko likaista. Tämän kaltaiset syötöt olisi hyvä esisuodattaa ennen varsinaisia koeajoja. Tämä voisi vähentää koeajojen aikana tehtävää huoltoa ja vähentää turhia alasajoja. Koehallilta löytyykin operaattorin itse kehittämä syötön esisuodatin, mutta tähän tarkoitukseen voisi hankkia oman laitteensa. Esisuodatus voitaisiin määrätä tietyille syötöille ennen koeajojen suorittamista.

4 Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio -työtilan kehittäminen

Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio -työtilasta löytyy laitekansio kaikille koelaitteille, mutta yleisohjetta OQD-9305 ei ole noudatettu. Koelaitteiden laitekansiorakenteet on tehty oikein, mutta kansioista ei löydy yleisohjeen vaatimia laitekohtaisia dokumentteja. Laitekansiot ovat käytännössä kokonaan tyhjiään. Tämä johtuu lähinnä siitä, että koelaitteilla on olemassa useampia sähköisiä tietokantoja Nesteellä. Koelaitteiden dokumentit on tallennettu muihin tietokantoihin, ja tämä Nesteen portaalissa sijaitseva työtila on jäänyt vähemmälle käytölle.

Tämän opinnäytetyön aika oli myös järkevää hieman kehittää koelaitteistojen laitekansiotyötilaa. Koelaitteiden prosessihäiriöitä tutkiessa syntyi kaikille tutkituille koelaitteille huoltolokihistoriadataa. Huoltolokit päätettiin tallentaa koelaitteiden huollot kansioon. Huoltolokeissa on kootusti prosessihäiriöitä ja vaihdetuimpia varaosia helposti nähtävillä koelaitteistojen työtilassa Excel-tiedostoina.

Koehallille suunniteltiin uutta koeajolaitetta 20. Uudelle koelaitteelle ei löytynyt vielä omaa laitekansiota. Se päätettiin luoda työtilaan, mutta osoittautuikin melko haastavaksi tehtäväksi. Uuden koelaittekansion luomisen mekanismin selvittelyyn ja opetteluun kului työpäivän verran aikaa. Mekanismin laitekansion luomiseen vaikutti monimutkaiselta, joten tätä tehtävää varten päätettiin luoda ohje. Se löytyy Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansio työtilasta nimellä "OHJE - koelaitteistojen laitekansion luonti". Ohjeesta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksiselitteinen ja siinä ohjeistetaan kuvien sekä selitysten avulla vaihe vaiheelta. Laitekansion poistamista varten sekä poistetun laitekansion palauttamista varten tehtiin ohje.

Nesteen teknologiakeskuksen Pilot-alueen Synteesipilot ajetaan ylös vuoden 2017 alussa. Käyttöön otettavat pumpput vaativat huoltoa, joten niille oli syytä hankkia pumppujen tekniset dokumentit. Nesteen portaalissa Synteesipilotin laitekansiötyötilaan luotiin pumppujen dokumenteille tallennuspaikat. Dokumentteja kyseltiin pumppujen valmistajilta ja toimittajilta. Mitä uudempi pumppu oli kyseessä, sitä kattavammin dokumentteja löytyi. Tärkeintä oli saada pumpun huolto-ohjeet ja varaosalistat. Pumppukohtaiset laitekansiöt luotiin yhdeksälle eri Synteesipilotin pumpulle.

5 Koehallin korjaamon kehittäminen ja hienosäätö hyödyntäen 5S-laaturjestelmää

5.1 Koehallin korjaamo lähtötilanteessa

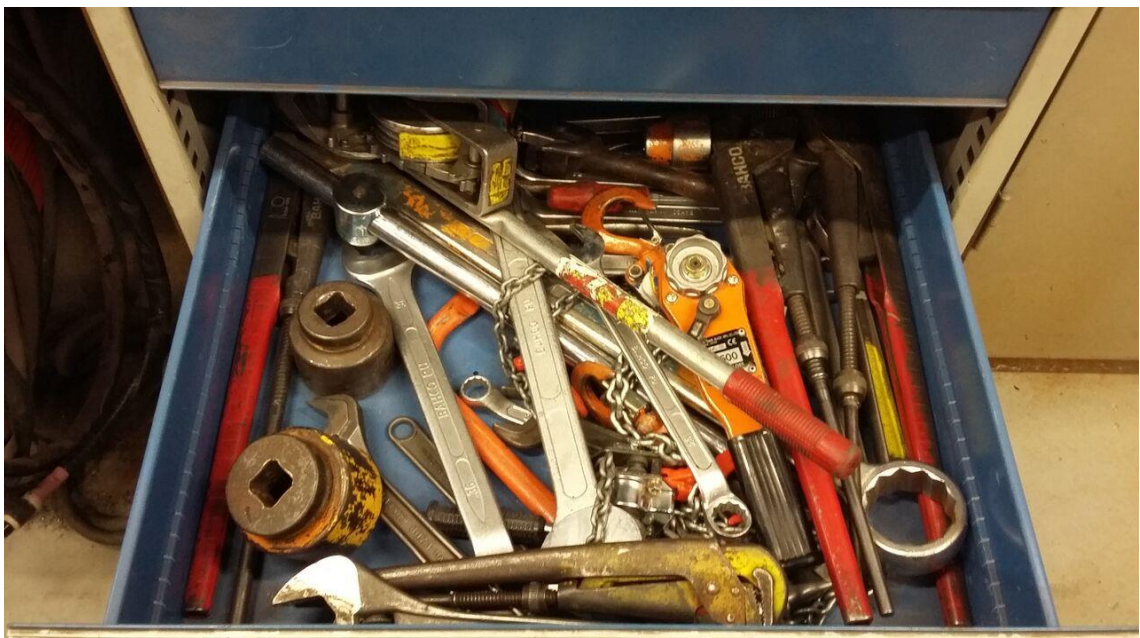
Koehallin korjaamolla tehdään lähes kaikki koelaitteiden mekaaniset korjaus- tai muutostyöt. Korjaamolla työskentelee tilanteen ja tarpeen mukaan useampi ammattitaitoinen urakoitsija. Korjaamolta löytyy kattava valikoima metallitöihin soveltuvia työstökoneita. Korjaamolla on myös kattava valikoima erilaisia materiaaleja korjaustöitä varten.

Korjaamolla saattaa joskus käydä kunnossapitotöihin liittyen Nesteen omia tai ulkopuolisia työntekijöitä. Korjaamolla ei ollut selkeää työpistettä, johon korjaustöitä suorittava vierailija henkilö voisi tulla tekemään töitä ja saada käyttöönsä kattavaa valikoimaa työkaluja (kuva 1).



Kuva 1. Työpiste, jossa urakoitsija työskentelee. Urakoitsijalla on mukanaan omat työkalunsa. Epäselkeiden työpisteiden takia muiden työntekijöiden on vaikea tulla suorittamaan huoltotöitä. Työn suorittaminen voi olla vaivalloista ja aikaa vievää.

Aikaa saattaa kulua sopivien työkalujen etsimiseen ja kyselemiseen. Niitä löytyy eripuolilta korjaamoa kaapeista ja laatikoista (kuva 2). Vain pidempään korjaamalla työskennelleet tietävät, mistä etsiä mitäkin työkaluja.



Kuva 2. Työkalut saattavat olla hyvinkin epämääräisessä järjestyksessä. Korjaamalla vierailevan työntekijän on lähes mahdoton itse löytää tarvitsemaansa työkaluja.

Varaosakaappien järjestys on sekava, ja tuottaa suurta vaivaa sopivan osan löytämisessä (kuva 3). Aika ajoin kaappeja on järjestelty selkeämmiksi. Kaapissa on pieniä muovilaatikoita ja kuhunkin on laitettu samoja tai samankaltaisia osia. Laatikot ilman merkintöjä ja muutenkin sekava kokonaisuus ei vaikuta toimivalta ja ajan myötä osien järjestys palaa takaisin sekaiseen muotoonsa.



Kuva 3. Varaosakaapista on hankalaa etsiä sopivaa osaa. Samankaltaisia varaosalaatikoita on useita. Näistä pitäisi vielä etsiä sopiva osa oikean kokoisena.

5.2 Tavoite

Asetettuna tavoitteena oli muokata korjaamon ympäristöä työskentelyn kannalta tehokkaammaksi. Työympäristöä haluttiin muokata niin, että työntekijöillä kuluu vähemmän aikaa huoltotöiden esivalmisteluissa ja aikaa jäisi enemmän itse huoltotyön tekemiseen. Tätä päätettiin parantaa siten, että työkalut ovat selkeillä vakiopaikoilla ja samoin tarvittavat varaosat. Muutoksia tehtäessä noudatettiin 5S-laaturjestelmää eli viittä eri vaihetta sortteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. Nämä muutokset päätettiin tehdä yhdelle työpisteelle ja yhdelle varaosakaapille.

5.3 Korjaamolla tehdyt muutokset 5S-laaturjestelmän mukaisesti

5.3.1 Sortteeraus

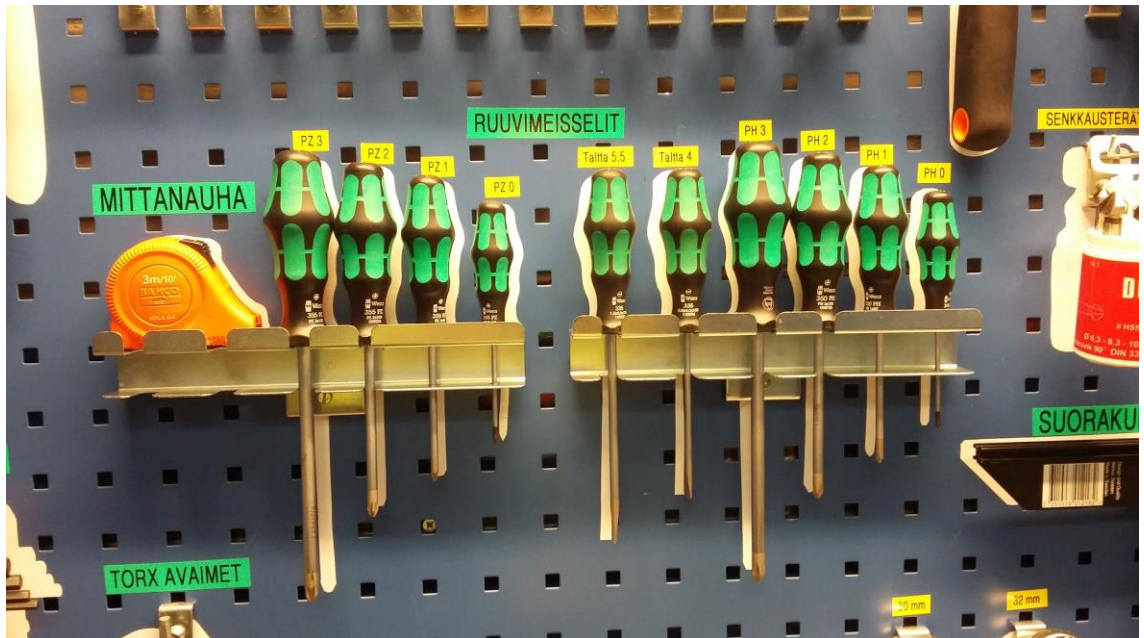
Sortteerauksessa on selvitetty työpisteelle olennaiset ominaisuudet ja työkalut. Työpisteeltä poistetaan kaikki muu tarpeeton. Työpisteen ominaisuudet muotoutuivat haastatteleamalla työpisteitä käyttäviä urakoitsijoita. Yhdessä pohdittiin tarpeelliset työkalut, sähköliitännät ja valaistus. Varaosakaapin kaikki varaosat käytiin läpi. Pois heitettiin tarpeettomat, vanhentuneet ja rikkiäiset varaosat. Tarpeelliset varaosat selvitettiin ja lähdettiin suunnittelemaan niille sopivaa säilytystä.

5.3.2 Systematisointi

Työpisteen kohdalla kaikki tarvittava päätettiin rakentaa työpöydän ympärille. Työkalut asetettiin esille rakennetulle varjotaululle (kuva 4), jossa jokaisella työkalulla on oma tunnistettava paikkansa (kuva 6). Taulussa on jokaisen työkalun profiilin muoto ja sen nimi (kuva 5). Työkaluille toteutettiin looginen järjestys. Näin työkalulle löytyy nopeasti oma paikkansa ja huomataan saman tien, jos taululta puuttuu jokin työkaluista (kuva 6). Akkukoneelle tehtiin oma latauspisteensä työkaluseinälle. Työpisteen valaistus suunniteltiin käyttöön sopivaksi. Tarvittava määrä sähköpistokkeita asennettiin työpöydän seinälle huomioiden esteettömyys, turvallisuus ja työergonomia. Tavoitteena oli, että työtaso jää täysin tyhjäksi työskentelyä varten. Nämä toimenpiteet tehostavat työntekoa, vähentävät ajan kulumista työvälineiden etsimiseen sekä auttavat pitämään työpisteen siistinä ja tavarat tallessa.



Kuva 4. Työpisteen lopputulos. Työpiste on selkeä, työkaluille on omat paikkansa ja järjestyksen ylläpitäminen on helppoa.



Kuva 5. Jokaiselle työkalulle on oma paikka ja se on merkitty selkeästi.



Kuva 6. Varjotaululta huomaa heti, jos jokin työkaluista puuttuu.

Varaosakaapin kohdalla päätettiin luopua mahdollisimman monesta muovilaatikosta ja turhasta varaosasta. Muovilaatikoita jätettiin vain sekalaisille varaosille, joita saatetaan tarvita tulevaisuudessa. Yleisimmille varaosille kaappiin tuotiin vetolaatikoita, joihin pystyi muokkaamaan lokeroita tarpeen mukaan. Samat varaosat asetettiin omiin lokeroihin. Lokeron yläkulmaan laitettiin osan nimi ja koko. Yhteen vetolaatikkoon pystyi laittamaan monta lokeroa tilan tarpeen mukaan. Vetolaatikon etuosaan merkittiin vetolaatikon sisältämät osat ja valokuvalla havainnollistettiin, minkä tyyppistä varaosaa vetolaatikko sisältää (kuva 7). Varaosaa etsiessä vetolaatikon etuosasta näkee heti, mistä laatikosta osaa kannattaa etsiä. Vetolaatikon lokeroista löytää helposti oikean kokoisen varaosan lokeroihin merkittyjen kokojen ansiosta (kuva 8). Nämä muutokset vähentävät varaosalaatikoiden penkomiseen kuluvaa aikaa.



Kuva 7. Vetolaatikkoon laitettu kuva havainnollistaa sen sisältöä. Vetolaatikossa oleva taulukko näyttää sen tarkemman sisällön ja järjestyksen.



Kuva 8. Vetolaatikon lokeroissa näkyy osan nimi ja koko.

5.3.3 Siivous ja standardisointi

Työpisteen käyttäjät ovat tietoisia ja sitoutuneita siisteyden ylläpitämiseen. Työtason on tarkoitus pysyä vapaana työkaluista ja muusta ylimääräisestä. Työtasolla on tarkoitus

olla vain huollettavat laitteet niiden huoltojen ajan. Työkalujen varjotaululle on helppoa palauttaa omille paikoilleen kuuluvat työkalut, ja siisteyden päivittäinen ylläpitäminen on vaivatonta. Varaosakaapin järjestys on luotu pysymään siistinä koko ajan. Varaosalle on merkattu sille täsmennetty lokero. Työntekijöiden tätä noudattaessa varaosalokerot pysyvät siisteinä.

5.3.4 Seuranta

Nesteen oma kunnossapidon väki voi seurata järjestyksen ylläpitoa. Työkaluseinä ja varaosalokerot on suunniteltu niin, että niiden seuranta hoituu vaivatta silmämääräisesti. Nesteen kunnossapidon oma väki käy korjaamalla useamman kerran viikossa, ja seuranta voi tehdä joka kerta sen vaivattomuuden ansiosta. Palaverien yhteydessä voidaan käydä läpi kehitystarpeita, hankintatarpeita ja antaa palautetta seurannan pohjalta.

6 Yhteenveto

6.1 Tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen

Tavoitteena oli ennakoivan kunnossapidon kehittäminen kolmella eri osa-alueella. Koelaitteiden prosessihäiriöiden tutkiminen oli mittava ja pitkäjänteisin osuus työstä. Aikaan saatiin 19:stä eri koelaitteesta kattava kokonaisuus, jossa selviää niiden luonne, yleisimmät prosessihäiriöt, vaihdetuimmat varaosat ja mahdolliset kehitysideat. Sitä lähdettiin hakemaan tältä osuudelta ja tavoite saavutettiin hyvin.

Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansiotyötilan kehittäminen olikin idea, josta koko työ sai alkunsa. Alkutarkoituksena oli kehittää kansioden sisältöä koelaitteiden osalta. Opinnäytetyöaiheen kehittyessä ja ideoiden syntyessä tämän kehitystarve laski muihin kehityskohteisiin verrattuna ja valitettavasti jäi hyvin suppeaksi tässä työssä. Koelaitteistojen laitekansiotyötilaan saatiin kuitenkin tehtyä hyödyllinen laitekansion teko-ohje. Sen asian tietotaito oli melko vähissä, joten siitä on varmasti hyötyä jatkossa. Pilot-alueen laitekansioihin saatiin tehtyä varsinaista dokumenttisisällön parannusta ja tuotiin usealle pumpulle kattavasti huoltodokumentteja.

Verstaan ympäristön kehitystyössä saatiin aikaan hieno työpiste, jossa työskentely on vaivatonta ja töiden esivalmisteluun ei kulu ylimääräistä aikaa työkalujen etsiskelyssä. Työpisteen kehittämisessä haluttiin noudattaa 5S-laaturjestelmää ammattimaisen tuloksen takaamiseksi ja tässä onnistuttiin hyvin.

6.2 Mitä opinnäytetyöstä opin?

Koelaitteiden prosessihäiriöitä tutkiessa opin havainnoimaan kokonaisuuksia. Isoin kehittämäni taito tämän työn osalta on syiden ja seurauksien tunnistamisen ja ymmärtämisen taito. Opin myös, kuinka tärkeää ja arvokasta työssä kuin työssä on dokumentointi ja datan kerääminen toiminnoista tehokkaan kunnossapidon kannalta. Myös 5S-laaturjestelmä toi minulle uusia oppeja. On hyvä tiedostaa, että lähes kaikkeen mitä tekee, löytyy hyviä työmalleja ja työkaluja, kuten 5S. Kaikkea ei tarvitse keksiä uudelleen, kunhan osaa etsiä ja hyödyntää oikeita asioita.

6.3 Työn pohjalta syntyneet kehitysiedat

Opinnäytetyössä tutkittuihin koelaitteisiin liittyvät kehitysiedat löytyvät koelaittekohtaisesti niiden kappaleista. Kehitysiedat kaikkiin koelaitteisiin liittyen löytyy luvusta 3.2 ”Koelaitteiden prosessihäiriöt”. Työn aivan loppumetreillä syntyi lisää ideoita. Koeajojen aikana tapahtuvista prosessihäiriöistä voisi pitää tarkempaa kirjaa mahdollisesti omaan taulukkoonsa, kuten tämän työn myötä syntyneisiin huoltolokeihin. Häiriöistä ja vikaantumisista voitaisiin dokumentoida valokuvia tarvittaessa sekä kirjata ylös huoltotoimenpiteet ja se, miten tapaus korjattiin. Näin välillä on toimittukin, mutta tästä voitaisiin tehdä osa jokaisen operointiin ja huoltoihin osallistuvan työntekijän rutiineja. Sitä kautta voidaan oppia enemmän laitteiden häiriöistä, niihin voidaan palata uudelleen niiden ilmetessä ja ennakoivaa kunnossapitoa voidaan kehittää.

Prosessiteknologia-osaston koelaitteistojen laitekansiotyötilan dokumenttikannassa on paljon kehitettävää sen suppeuden takia. Sinne olisi hyvä kerätä laitteiden huoltoihin liittyvät dokumentit. Henkilökuntaa olisi hyvä opastaa käyttämään sitä. Kyseisen työtilan vastuuhenkilöiltä tulisi vaatia enemmän vastuunkantoa työtilan kehittämisen suhteen.

Verstaalle kehitelty tehokas työpiste ei juuri vaadi kehitystä. Tosin kyseistä työpistettä voi käyttää vain yksi työntekijä kerrallaan, joten muillekin verstaan työntekijöille voitaisiin tehdä vastaavanlainen työpiste. Tämä työpiste on koettu tehokkaaksi, ja se saikin maininnan Nesteen havainnointikierroksilla tehdyistä huomioista viikkokatsaukseen. Viikkokatsauksessa sanottiinkin, että työpisteen mallia olisi hyvä käyttää laajemmin Nesteen sisällä muissa verstaissa.

Lähteet

Ahjo nro 7. 15.5.2014. Metalliliittolaisen lehti. Luettu 25.12.2016.

Järviö, J., Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kumpulainen, K. 2013. Kunnossapitotoimintojen aloitus. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu.

Kunnonvalvonta ja huolto. 2000. ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Luettu 25.11.2016.

Metalliteollisuuden keskusliitto 2001. 5S-vihko. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Neste Oyj 2016. Nesteen verkkosivut. Tietoa meistä. Luettu 29.12.2016.

Rautio, S. 2013. Koelaitteistojen laitekansio. Yleisohje OQD-9305, Neste Oyj. Tutkimus ja Teknologia, Master Portaali, OQD-ohjeet, Tutkimus ja kehitys ohjeet. Luettu 25.11.2016.

